

Национальная академия наук Беларуси
Центральный ботанический сад

Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира

*Материалы Международной научной конференции,
посвященной 85-летию Центрального ботанического сада
Национальной академии наук Беларуси*

(г. Минск, 6–8 июня 2017 г.)

В ДВУХ ЧАСТЯХ

Часть 2

Минск
«Медисонт»
2017



ГОД НАУКИ-
ЭКОНОМИКЕ
2017

УДК 58(476-25)(082)
ББК 28.5лб(4Беи)я43
Р68

Role of Botanical Gardens and Arboretums in conservation, investigation and sustainable using diversity of the plant world

Proceedings of the International Conference dedicated to 85th anniversary
of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus

In two parts
Part 2

Редакционная коллегия:

В. В. Титок, д-р биол. наук, чл.-корр. НАН Беларуси; *А. В. Башилов*, канд. биол. наук; *Н. Г. Брель*;
И. К. Володько, канд. биол. наук; *Л. В. Гончарова*, канд. биол. наук; *Л. А. Головченко*, канд. биол. наук;
Л. В. Завадская, канд. биол. наук; *О. Н. Козлова*; *С. М. Кузьменкова*; *Н. М. Лунина*, канд. биол. наук;
Е. Г. Пузанкевич; *Е. В. Спиридович*, канд. биол. наук; *А. П. Яковлев*, канд. биол. наук.

Рецензенты:

В. Н. Решетников, зав. отделом Центрального ботанического сада НАН Беларуси,
д-р биол. наук, акад. НАН Беларуси;
К. Г. Ткаченко, зав. исследовательской группой Ботанического сада
Петра Великого Ботанического института РАН, д-р. биол. наук.

Иллюстрации предоставлены авторами публикаций

Р68

Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира = Role of Botanical Gardens and Arboretums in conservation, investigation and sustainable using diversity of the plant world : материалы Международной научной конференции, посвященной 85-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси (г. Минск, 6–8 июня 2017 г.). В 2 ч. Ч. 2 / Национальная академия наук Беларуси; Центральный ботанический сад ; редкол.: В. В. Титок [и др.]. — Минск : Медисонт, 2017. — 528 с.

ISBN 978-985-7136-55-1.

ISBN 978-985-7136-57-5 (2 ч.).

В сборнике представлены материалы Международной научной конференции «Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира», посвященной 85-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси.

В 1 части публикуются тезисы докладов секций «1. Теоретические основы и практические результаты интродукции растений», «2. Научное, прикладное и образовательное значение ботанических коллекций».

Во 2 части представлены тезисы докладов секций «3. Экология, физиология и биохимия интродуцированных растений», «4. Биотехнологические и молекулярно-генетические аспекты изучения и использования биоразнообразия растений», «5. Проблемы защиты растений в ботанических садах», «6. Современные направления ландшафтного дизайна и зеленого строительства».

УДК 58(476-25)(082)
ББК 28.5лб(4Беи)я43

ISBN 978-985-7136-55-1
ISBN 978-985-7136-57-5 (2 ч.)

© Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, 2017
© Оформление. ООО «Медисонт», 2017

Секция 3

Экология, физиология и биохимия интродуцированных растений

Антибактериальная активность эфирного масла *Agastache aurantiaca*

**Коваленко Н. А.¹, Ахрамович Т. И.¹, Супиченко Г. Н.¹,
Леонтьев В. Н.¹, Шутова А. Г.²**

¹ Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Республика Беларусь, chembstu@rambler.ru

² Центральный ботанический сад Национальной Академии наук Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

Резюме. Изучена антибактериальная активность этанольных растворов эфирных масел трех сортов многоколосника золотистого, интродуцированного в Центральном ботаническом саду Национальной академии наук Беларуси (ЦБС НАН Б), с использованием метода бумажных дисков. Полученные данные сопоставлены с особенностями компонентного состава образцов эфирных масел.

Antibacterial activity of the essential oil of *Agastache aurantiaca*. Kovalenko N. A., Ahramovich T. I., Supichenko G. N., Leontiev V. N., Shutava H. G. **Summary.** Antibacterial activity of the essential oil of *Agastache aurantiaca* introduced in the Central botanical garden of NAS of Belarus was investigated. The obtained data are compared with the component composition of the essential oil samples.

Agastache aurantiaca (A. Gray) Lint & Epling (многоколосник золотистый) — вид рода *Agastache*, относящийся к семейству Губоцветных (Lamiaceae), и насчитывающий в настоящее время 29 таксонов. Областями распространения многоколосника золотистого являются южная часть США и Мексика, где он достигает в период цветения средней высоты 45–75 см. Многоколосник золотистый является неприхотливым растением, растет на сухих бедных почвах и практически не поражается вредителями и болезнями, однако недостаточно морозостоек. Для оценки перспективности использования *Agastache aurantiaca* в качестве источника эфирного масла многоколосник золотистый выращивался в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси в 2015 и 2016 гг. В этой связи актуальными являются исследования по установлению компонентного состава и антибактериальной активности эфирного масла многоколосника золотистого, интродуцированного в Республике Беларусь.

Цель настоящего исследования — изучить компонентный состав эфирного масла многоколосника золотистого, культивируемого в условиях центральной агроклиматической зоны Беларуси, и определить его антибактериальные свойства.

Объектами исследования являлись образцы эфирного масла многоколосника золотистого *Agastache aurantiaca* трех сортов из коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Эфирные масла получали методом гидродистилляции из свежесобранного растительного сырья в фазе цветения. ГЖХ-анализ образцов эфирного масла проводили на хроматографе «Цвет-800», оснащенный пламенно-ионизационным детектором и стеклянной капиллярной колонкой Cyclosil B в режиме программирования температуры. Идентификацию компонентов проводили по времени удерживания эталонных соединений. Содержание основных компонентов определяли методом внутренней нормализации без использования относительных поправочных коэффициентов.

Для оценки антибактериальной активности был использован метод бумажных дисков, которые пропитывали растворами эфирных масел в этаноле. В качестве тест-культур использовали *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* Hfr H, *Pseudomonas aeruginosa*.

В исследованных образцах эфирного масла идентифицировано более 20 компонентов. Качественный и количественный состав образцов существенно различается. Наиболее близкими по составу оказались образцы сортов 1 и 3. Основными компонентами образцов 1 и 3 являются ментон (55–65 мас.%) и пулегон (25–35 мас.%). Эфирное масло сорта 2 отличается по компонентному составу от двух других образцов. Так, образец 2 существенно обеднен ментоном (менее 2 мас.%). Для него характерно более высокое содержание пулегона (40–45 мас.%) и изоментона (45–47 мас.%) по сравнению с образцами 1 и 3. Во всех исследованных образцах присутствуют небольшие количества лимонена и метилхавикола, суммарное содержание которых не превышает 5 мас. %. Следует отметить энантиомерную чистоту образцов 1 и 3 по (+)-ментону и (+)-пулегону, однако в масле 2 присутствуют следовые количества (<0,1 мас. %) (-)-ментона.

Для установления антибактериальных свойств основных компонентов исследованных образцов эфирного масла многоколосника золотистого были протестированы 40%-ные этанольные растворы метилхавикола, ментона и пулегона по отношению к *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* Hfr H, *Pseudomonas aeruginosa*. В таблице приведены результаты определения диаметра зон ингибирования роста тест-бактерий под действием этанольных растворов метилхавикола (1), ментона (2) и пулегона (3).

Таблица
Диаметр зон ингибирования роста тест-культур бактерий
(40% раствор вещества в этаноле)

Тест-культуры бактерий	Диаметр зоны ингибирования роста, мм		
	1	2	3
<i>Staphylococcus aureus</i>	41,5	39,2	38,5
<i>Escherichia coli</i> Hfr H	41,1	38,6	38,0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	39,9	37,9	37,2

Тестирование 0,1%-ных этанольных растворов исследованных эфирных масел показало достаточно высокую антимикробную активность по отношению ко всем тест-культурам бактерий. Наиболее выраженный антибактериальный эффект отмечен для образца 3. Подавление роста тест-культур растворами образцов 1 и 2 было несколько слабее.

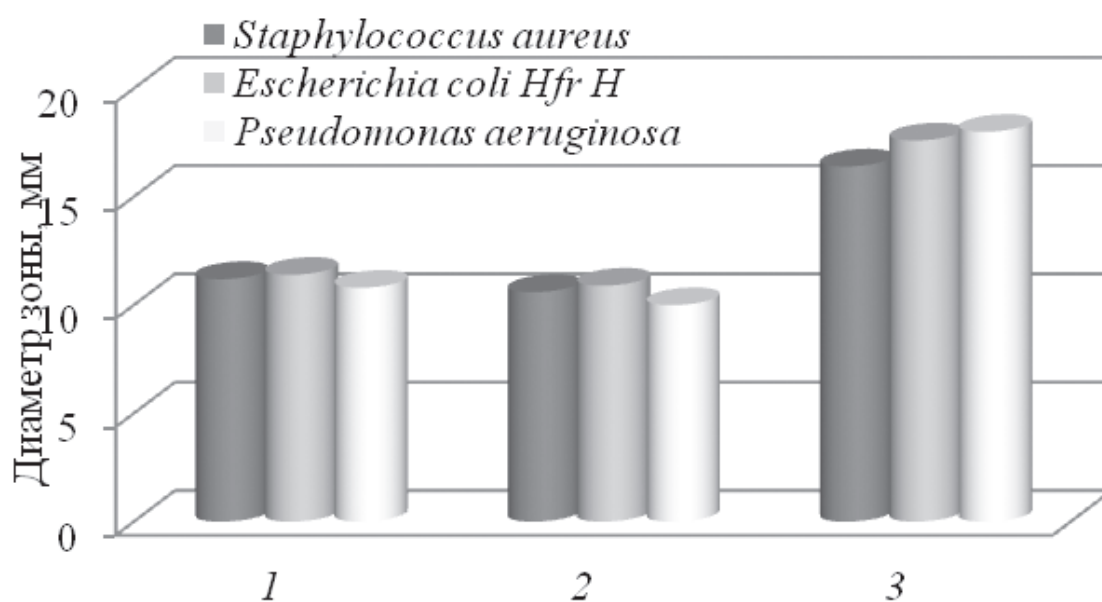


Рис. Антибактериальная активность этанольных растворов эфирных масел *Agastache aurantiaca* L. Таким образом, наиболее выраженные антибактериальные свойства проявляют этанольные растворы эфирного масла *Agastache aurantiaca* сорта 3.

Накопление элементов-биофилов и тяжёлых металлов в биотехнологическом сырье *Iris sibirica* L.

Базарнова Н. Г., Тихомирова Л. И., Халявин И. А.

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия, L-tichomirova@yandex.ru

Резюме. Выявлена специфика накопления некоторых химических элементов у *I. sibirica* в культуре *in vitro*. Установлено, что растения-регенеранты *I. sibirica* являются концентратором марганца (листья, корни и корневища). В исследованных образцах, концентрация Pb, Cd и мышьяка не превышала допустимый уровень для БАДов на растительной основе. Ртуть не обнаружили.

Accumulation of the elements of biofilm and heavy metals in biotechnological raw material of *I. sibirica* L. Bazarnova N. G., Tikhomirova L. I., Khalyavin I. A. **Summary.** The specificity of the accumulation of some chemical elements from *I. sibirica* *in vitro*. Found that regenerated plants *I. sibirica* are the hub of manganese (leaves, roots and rhizomes). In the investigated samples, the concentration of Pb, Cd and arsenic did not exceed the permissible level for dietary Supplements plant-based. Mercury is not found.

Основным биологическим аккумулятором минеральных веществ являются растения. Они поглощают минеральные вещества из почвы и других субстратов своей корневой системой и с помощью транспирационного тока воды обеспечивают ими ткани и органы (семена, плоды, листья, стебли) растительного организма. Минеральные вещества, попадая в организм человека, выполняют функцию регуляторов основных процессов жизнедеятельности (Физиология растений, 2005). Начиная со второй половины 20-го века, началось активное исследование минерального состава лекарственных растений и выявление роли макро — и микроэлементов в жизнедеятельности организма человека (Ковальский, 1976; Ноздрюхина, 1983).

Для сохранения биоразнообразия и получения необходимого количества лекарственного растительного сырья всё чаще используют методы биотехнологии, в частности культуру ткани и гидропоническое выращивание (патент РФ 2570623).

Цель настоящих исследований — определить содержание микроэлементов-биофилов (Fe, Mn, Zn, Cu), тяжёлых металлов (Pb, Cd, Sb, Be, Hg, Cr, Ni) и As в сырье *Iris sibirica* L., выращенном в гидропонике сопряжённой с микроклональным размножением.

Материалом исследования служили образцы 6-ти летних интактных растений *I. sibirica* сортов Cambridge и Стерх, собранных в 2015 году в окрестностях г. Новоалатйска, Алтайского края.

Биотехнологическое сырьё получали в течение 6 месяцев в результате культивирования *I. sibirica* на агаровой питательной среде Мурасиге — Скуга с целью клонального микроразмножения (Патент РФ 2479992), затем растения-регенеранты выращивали на гидропонной установке в питательном растворе на основе 1/4 среды Мурасиге — Скуга (табл. 1). Растительную массу получали при температуре 24–26°C, при освещённости 3–4 кЛк, режим освещения: 16 часов день, 8 часов ночь.

Воздушно-сухие образцы корней, корневищ, листьев предварительно измельчали на мельнице и просеивали через сита. Для исследования использовали фракцию размером 0,15–

0,63 мм. Исследование элементного состава проводили на атомно-эмиссионном ИСП-спектрометре Optima 7300 DV фирмы Perkin Elmer (США).

Элементный состав растений видоспецифичен, зависит от многих факторов окружающей среды и может варьировать в довольно широких пределах. Количество поглощенных веществ зависит от условий выращивания и от концентрации ионов в среде. Результаты исследований свидетельствуют о специфических особенностях обмена у растений-регенерантов исследуемого вида ирис, что приводит к определённому уровню содержания биофильных элементов в тканях их органов. Отмеченные закономерности, по нашему мнению, можно объяснить не только биохимической ролью металлов в растениях, способами их поглощения и переноса, но содержанием в искусственной питательной среде.

Таблица 1

Минеральный состав питательной среды Мурасиге — Скуга

Компоненты	Содержание, мг/л	Компоненты	Содержание, мг/л
KNO ₃	1900	FeSO ₄ •7H ₂ O	27,8
KH ₂ PO ₄	170	MnSO ₄ •4H ₂ O	22,3
KI	0,83	ZnSO ₄ •7H ₂ O	8,6
Na ₂ -ЭДТА•2H ₂ O (C ₁₀ H ₁₄ O ₈ N ₂ Na ₂ •2H ₂ O)	37,3	Na ₂ MoO ₄ •2H ₂ O	0,25
CaCl ₂ •2H ₂ O	440	CoCl ₂ •6H ₂ O	0,025
MgSO ₄ •4H ₂ O	370	CuSO ₄ •5H ₂ O	0,025

Количественной мерой интенсивности накопления химических элементов растениями является коэффициент накопления (*Кн* — отношение содержание элемента в органах к содержанию в среде), отражающий степень биофильности элементов, а также интенсивность их вовлечения в биологический круговорот. На основе полученных данных Fe, Mn, Zn, Cu определены как элементы энергичного накопления (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент накопления (*Кн*) химических элементов в органах растений-регенерантов *I. sibirica* на питательной среде Мурасиге-Скуга

Элемент	Содержание в питательной среде MS, мг/кг	Cambridge				Стерх			
		листья		корни и корневища		листья		корни и корневища	
		сод-е, мг/кг	<i>Кн</i>	сод-е, мг/кг	<i>Кн</i>	сод-е, мг/кг	<i>Кн</i>	сод-е, мг/кг	<i>Кн</i>
Fe	5,6	215,9	38,6	353,8	63,2	280,8	50,1	440,0	78,6
Mn	5,5	166,6	30,3	77,1	14,0	175,8	32,0	108,4	19,7
Zn	1,9	74,3	39,1	54,6	28,7	91,9	48,4	65,1	34,3
Cu	0,01	1,1	110,0	0,6	60,0	0,8	80,0	1,2	120,0

Примечание. Прочерк — нет данных

Многолетние исследования доказали высокую эффективность гидропонического выращивания растений, сопряжённого с микроклональным размножением. Размноженный в культуре ткани растительный материал освобождён от грибных и бактериальных инфекций, имеет более высокую силу роста в регулируемых условиях питания и факторов внешней среды, но при этом элементный состав и содержание тяжёлых токсичных металлов в сырье на сегодняшний день не изучено.

Оценивая растения-регенеранты *I. sibirica* как источник получения лекарственного растительного сырья, отмечали особенность накопления микроэлементов в культуре *in vitro*. Так в листьях растений-регенерантов Cambridge содержание марганца в 10,7 раз больше, чем у интактных растений, а в корнях и корневищах превышение составляло в 3,1 раза. Такую тенденцию наблюдали и для *I. sibirica* сорт Стерх. Листья интактных растений содержали 18,5 мг/кг Mn, а растений-регенерантов — 175,8 мг/кг, что в 9,5 раз больше. В корнях и корневищах интактных растений сорта Стерх определяли 15,8 мг/кг Mn, у растений-регенерантов — 108,4 мг/кг, превышение составило 6,8 раз (рис. 1).

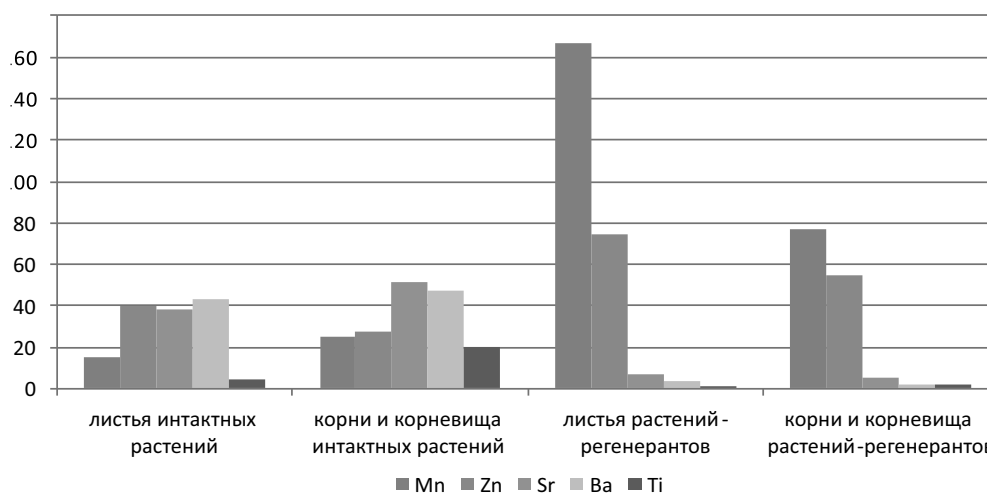


Рис. 1. Содержание микроэлементов в образцах листьев, корней и корневищ *I. sibirica* сорт Cambridge у интактных растений и растений-регенерантов (мг/кг сухого вещества)

Уровень содержания марганца у некоторых лекарственных растений Северного Алтая колеблется от 5 до 746 мг/кг (Ельчиногова, 2008). Растения, концентрирующие марганец, применяют для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, для поддержания нормальных функций половых желез и опорно-двигательного аппарата, нервной системы.

Таблица 3

Содержание микроэлементов в растениях-регенерантах *Iris sibirica* L. и нормирование содержания, мг/кг сухого вещества

Показатель	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Sb	Be	Cr	Ni	As
Содержание в растениях-регенерантах											
Cambridge листья	215,9	166,6	74,3	1,1	2,5	<0,001	0,25	0,005	<0,1	0,3	0,2
Cambridge корневище	353,8	77,1	54,6	0,6	1,5	<0,001	0,21	0,006	<0,1	0,2	0,3
Стерх листья	215,9	175,8	91,9	0,8	3,3	<0,001	0,2	0,004	<0,1	0,2	0,3
Стерх корневище	440,0	108,4	65,1	1,2	0,9	<0,001	0,4	0,004	<0,1	0,4	0,07
Нормирование содержания (Ильин, 1991; СанПин 2.3.2.560-96, 2.3.2.1078-01; Добровольский, 1997; Сосорова и др., 2016)											
Низкое	<50	<20	<20	<5	–	–	–	–	–	–	–
Нормальное	50–250	25–250	25–250	6–15	2–14	0–0,5	–	–	0–0,5	0–8	–
Токсическое	–	>500	>400	>20	–	>100	–	–	–	>80	–
Среднее в р. к.	200	205	30	8,0	1,25	0,035	0,06	0,01	1,8	2,0	0,5
ПДК для БАД	–	–	–	–	6,0	1,0	–	–	–	–	–
ПДК для чая	–	–	–	100	10,0	1,0	–	–	1,0	–	3,0

Примечание: прочерк — нет данных; среднее р. к. — среднее в растительности континентов.

Химические элементы растений в высоких концентрациях могут проявлять токсическое действие. Содержание микроэлементов в регенерантах *I. sibirica* сравнивали с допустимыми нормами в растениях. Изученные нами микроэлементы-биофилы Fe, Mn, Zn находились на уровне средних значений для растительности континентов, Cu — значительно ниже. Содержание тяжелых металлов Pb, Cd, Cr, Be, Ni и As не превышало нормального уровня в растениях, а для Sb необходимо провести дополнительные исследования. Так по данным О. А. Ельчиной и её коллег (2008), содержание сурьмы в лекарственных растениях экологически чистого региона Северного Алтая находилось от 0,038 мг/кг до 6,6 мг/кг сухого вещества. Свинец в образцах *I. sibirica* не обнаружен (табл. 3).

В исследованных образцах выявлена специфика накопления некоторых химических элементов у *I. sibirica* сорта Cambridge и Стерх в культуре *in vitro*. Установлено, что растения-регенеранты *I. sibirica* являются концентратором марганца (листья, корни и корневища). Концентрация Cu, Pb, Cd, Cr и As не превышала допустимый уровень для БАДов и чая на растительной основе (СанПин 2.3.2.560–96, СанПин 2.3.2.1078–01). Ртуть не обнаружили.

Список литературы

1. Добровольский В. В. Биосферные циклы тяжёлых металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение. 1997. № 4. С. 431–441.
2. Ельчинова О. А., Рождественская Т. А., Черных Е. Ю. Микроэлементы-биофилы и тяжёлые металлы в лекарственных растениях Северного Алтая // В сборнике: Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее. Материалы Международной конференции. 2008. С. 51–55.
3. Ермаков И. П. Физиология растений. М., 2005, с. 637.
4. Ковальский В. В. Геохимическая среда, здоровье, болезни /В кн.: Физиологическая роль микроэлементов. Рига, 1976.
5. Ильин В. Б. Тяжёлые металлы в системе почва-растение. Новосибирск, 1991. 151 с.
6. Ноздрюхина Л. Р. Геохимическая среда, здоровье, заболевания сердечно-сосудистой системы // Сб. Биологическая роль микроэлементов. М., 1983. С. 182–187.
7. Патент № 2479992 (РФ) Способ микроклонального размножения ириса сибирского (*I. sibirica* L), / Тихомирова Л. И., Смирнов С. В., Куцев М. Г. Патент № 2570623 (РФ). Способ получения лекарственного растительного сырья лапчатки белой (*Potentilla alba* L) в условиях гидропоники / Л. И. Тихомирова, Н. Г. Базарнова / 2015.
8. СанПин 2.3.2.560–96. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности продуктов. М., 1996.
9. СанПин 2.3.2.1078–01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности продуктов. М., 2001.
10. Сосорова С. Б., Меркушева М. Г., Убугунов Л. Л. Содержание микроэлементов в лекарственных растениях разных экосистем озера Коктокольского (Западное Забайкалье) // Химия растительного сырья. 2016. № 2. С. 53–59.

Поликомпонентные нанопрепараты как базис оптимизации технологий зеленого строительства Украины

Базяк Т. О., Михайлик А. Ю., Лещенко А. Ю.,
Колесниченко Е. В.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев,
Украина, bazyak.t@yandex.ua

Резюме. Проанализировано влияние поликомпонентных нанопрепаратов украинского производства на прорастание семян газонных трав. Установлено, что при использовании биорегуляторов роста наблюдается интенсификация процессов прорастания зерновок и формирование мощной корневой системы по сравнению с контролем. Определено, что обработка семян *Lolium perenne* L., *Festuca rubra* L., *Agrostis alba* L. концентрированными растворами хелатированных биогенных элементов существенно влияет на проявления их жизнеспособности.

Polycomponent nanopreparations as a basis for optimization of green building technologies in Ukraine with a growing anthropogenic influence. Bazyak T. O., Mihailik A. Ju., Leshchenko A. Ju., Kolesnichenko E. V. **Summary.** The influence of multicomponent nanopreparations of Ukrainian production on the germination of seeds of lawn grasses was researched. It was found that using bioregulators of growth is observed intensification of the processes of seed germination and the formation of a strong root system in comparison with system in the control condition. It was determined that the treatment of seeds of *Lolium perenne* L., *Festuca rubra* L., *Agrostis alba* L. by concentrated solutions of chelated biogenic elements significantly influences the manifestations of their vitality.

На сегодняшний день наблюдается тенденция ухудшения состояния зеленых насаждений общего пользования в городах и населенных пунктах Украины. В условиях интенсивного увеличения антропоичной нагрузки на городские насаждения, необходимо искать пути повышения их устойчивости, разрабатывать теоретические и технологические основы применения новейших препаратов, которые позволят сохранить и повысить устойчивость растений в условиях урбанизированной среды. В современных условиях бурного развития промышленного производства и сплошной урбанизации важна разработка эколого-биологических основ создания стабильного растительного покрова в современном городе [2].

Сейчас нанотехнологии являются стратегическим направлением экономического развития ведущих стран мира, о чем свидетельствуют объемы финансирования данной отрасли индустрии.

По прогнозам компании «Национальная нанотехнологическая инициатива» США (National Nanotechnology Initiative), развитие нанотехнологий через 10–15 лет позволит создать новую отрасль экономики с оборотом 15 млрд. долларов и около 2 млн. рабочих мест [10].

Наночастицы имеют размер менее 100 нм. Они являются объектом исследования многих ученых мира в связи с их уникальными химическими, физическими, биологическими, токсикологическими свойствами [7, 8].

Нанопрепараты имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными растворами удобрений или биорегуляторов: не расслаиваются под воздействием тепла и света, приготовленный рабочий раствор может храниться не часы или дни, а годы, оставаясь при этом активным.

Однако самое главное — нанопродукты обеспечивают сплошное смачивание поверхности растений, полностью всасываются растениями, не смываются дождем. Производители не скрывают, что наноэмульсии недешевы, но в итоге они дают гораздо больший эффект [6].

Однако, наночастицы могут быть более токсичными, чем обычные микрочастицы: они способны проникать, в неизменном виде, через клеточные и тканевые барьеры, циркулировать и накапливаться в органах и тканях, вызывая при этом более выраженные патоморфологические поражения внутренних органов. Они имеют длительный период полувыведения [4]. Следовательно, наряду со всеми преимуществами использования нанопрепаратов, проблема безопасности наноматериалов остается одной из приоритетных [5].

Цель исследования — анализ влияния поликомпонентных нанопрепаратов на прорастание семян газонных трав.

Материалы и методика исследования. Во время работы использовали общепринятые методы биологических исследований: лабораторный, сравнительно-морфологический, статистический, световой микроскопии [1, 3]. Определение всхожести семян газонных трав проводили согласно ГОСТ 12038–84 [9].

Исследования проводились в лаборатории экологии и биотехнологии Ботанического сада НУБиП Украины. В работе определяли показатели всхожести семян четырех видов растений: № 1 пшеница озимая (*Triticum aestivum* L.), № 2 овсяница красная (*Festuca rubra* L.), № 3 плевел многолетний (*Lolium perenne* L.), № 4 полевица белая (*Agrostis alba* L.)

В данном исследовании использовали поликомпонентные нанопрепараты украинского производства, а именно: «Аватар-1», «Аватар-медь», «Мегамикс».

В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Поскольку нанопрепараты применяются в достаточно малых дозах (например, норма внесения препарата «Аватар-1» во время предпосевной обработки семян составляет 1 л/т), для обработки 100 шт. семян каждого образца необходимо было сначала сделать маточный раствор, для этого 0,1 мл концентрата препарата добавляли к 10 мл дистиллированной воды и тщательно перемешивали в течение минуты. В общем нами были заложены следующие опытные образцы по каждому изучаемому виду, по схеме, приведенной в табл. 1.

Таблица 1
Схема исследования

Препарат	Концентрация
«Аватар-1»	1:10 (маточный раствор)
	1:100 (маточный раствор)
	0,5:10 (концентрат)
«Аватар-медь»	1:10 (маточный раствор)
	1:100 (маточный раствор)
	0,5:10 (концентрат)
«Мегамикс»	1:10 (маточный раствор)
	1:100 (маточный раствор)
	0,5:10 (концентрат)
Контроль	Дистиллированная вода

Нами были составлены следующие концентрации:

- 1) 1:10 — 1 мл нанопрепарата растворяли в 10 мл дистиллированной воды;
- 2) 1:100 — 1 мл нанопрепарата растворяли в 100 мл дистиллированной воды;
- 3) 0,5:10 — 0,5 мл нанопрепарата растворяли в 10 мл дистиллированной воды.

Проращивание семян осуществляли в термостате при температуре 20°C без освещения. Для поддержания влажности фильтровальную бумагу увлажняли дистиллированной водой.

Результаты исследований. Нами установлено, что на третьи сутки культивирования наблюдается единичное прорастание семян пшеницы, в то время, как на контроле лишь 8% семян наклюнулось. При использовании препарата «Мегамикс» в концентрации 1:100 на третьи сутки 33% семян наклюнулось по сравнению с концентрациями 1:10 и 0,5:10, где количество наклюнувшихся семян колебалась в пределах от 8% до 18%. Следует отметить, что семена рай-граса многолетнего, полевицы белой, овсяницы красной на третьи сутки культивирования не проросли.

Нами определено, что на третьи сутки культивирования те семена, которые в дальнейшем были центром наличия патогенной микобиоты, теряли свой цвет, темнели, на их поверхности появлялись первые гифы мицелия, а на седьмые сутки культивирования образовывались плодовые тела и спороношения грибов. Интенсивнее всего заболевания проявлялись на концентратах исследовательских препаратов (рис. 1).

Семена *Festuca rubra* и *Lolium perenne* на 7 сутки начали проклевываться, поражение грибковыми заболеваниями было незначительным и варьировало от 1% до 3%. На седьмые сутки культивирования при использовании концентрата препарата «Аватар-1» появились признаки массового поражения семян *Festuca rubra* мицелием гриба, на фото можно увидеть пораженные темные семена, а также разрастание мицелия по фильтровальной бумаге (рис. 2).

Последующие наблюдения за данным образцом показали прекращение процессов роста корешков и увеличение активности грибкового заболевания.

Из-за массового поражения семян пшеницы озимой грибковыми заболеваниями процессы их прорастания приостановились. На десятые сутки культивирования зафиксировали появление проростков *Festuca rubra* и *Lolium perenne*. Наивысшие результаты пророста-



Рис. 1. Пшеница озимая, концентрат препарата «Аватар-1», первые, вторые и третьи сутки культивирования соответственно



Рис. 2. Овсяница красная, концентрат препарата «Аватар-1», седьмые сутки культивирования:
1 — поражённые мицелием семена;
2 — мицелий *Fusarium* sp. на фильтровальной бумаге

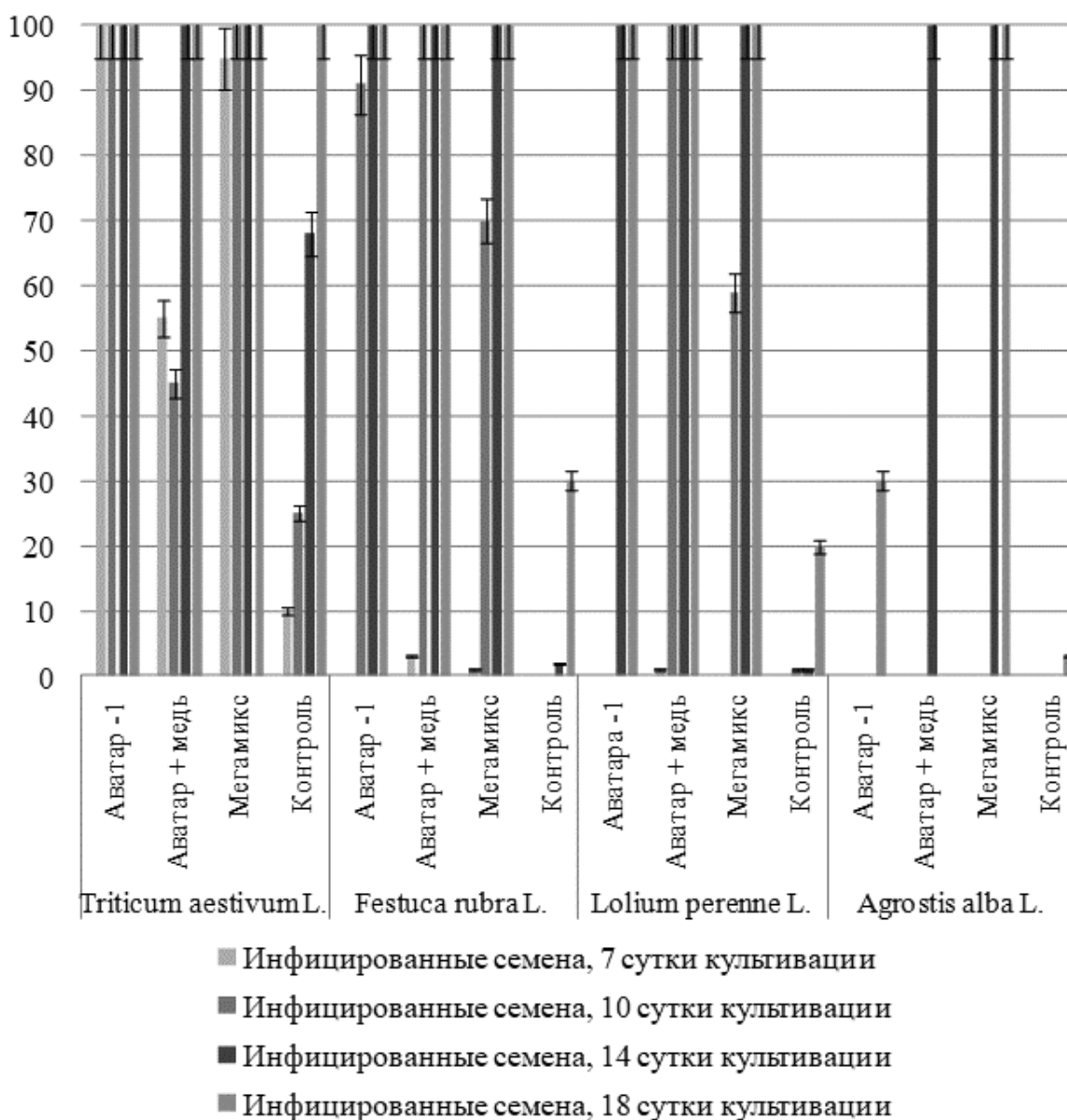


Рис. 3. Интенсивность проявления заболевания семян опытных образцов растений

ния семян *Festuca rubra*, 32% и 34%, соответственно, выявлены на препарате «Мегамикс» в концентрациях 1:10 и 1:100, по сравнению с контролем, где всхожесть семян не превышала 15%. Установлено, что 47% семян *Lolium perenne* наклюнулись на препарате «Аватар-медь» концентрацией 1:10 и 40% на растворе «Мегамикс» такой же концентрации. Нами зафиксировано интенсивное прорастание семян, 45% на препарате «Мегамикс». Но стоит отметить, что хотя концентраты препаратов стимулировали интенсивное прорастание семян, однако их использование вызывало всплеск грибковых заболеваний у всех видов трав (рис. 3).

Выводы

Установлено, что нанопрепараты значительно интенсифицируют первичные процессы прорастания семян злаков, способствуют рациональному расходованию запасных питательных веществ семян, а в дальнейшем, быстрому формированию устойчивых и декоративных газонов. Результаты указывают на то, что для того, чтобы отдать предпочтение одному из трех использо-

ванных препаратов, необходимо провести дальнейшие детальные исследования, так как полученные данные не дают возможности выбрать наиболее эффективный биорегулятор. Это связано с тем, что семена различных видов растений могут по-разному реагировать на определённые микроудобрения.

Использование концентратов нанопрепаратов, в сотни и тысячи раз превышающих рекомендуемые производителем нормы, приводит к бурному развитию грибных заболеваний. Этот факт открывает поле для теоретических исследований по выявлению свойств нанопрепаратов определённых концентраций стимулировать бурное развитие патогенов.

Список литературы

1. Браун Д. Методы исследования и учета растительности / Д. Браун; [пер. с англ. Т. Л. Челобановой] / под ред. д. б. н. Т. А. Работнова. — М. : изд-во иностр. лит., 1957. — 316 с.
2. Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой Устойчивость. Фитоиндикация. Оптимизация / [Коршиков И. И., Котов В. С., Михеенко И. П. и др.]. — К. : Наук. думка, 1995. — 191 с.
3. Довідник по виробництву насіння багаторічних трав / [Зінченко Б. С., Дробець П. Т., Мацьків О. І. та ін.] ; під ред. Б. С. Зінченка. — К. : Урожай, 1990. — 232 с.
4. Макаренко Н. А. До питання екоотоксикологічної оцінки нанопрепаратів / Н. А. Макаренко, Л. В. Рудницкая // Вісник Уманського НУС — 2015. — № 2. — С. 8–13.
5. Москаленко В. Ф. Екологічні і токсиколого-гігієнічні аспекти біологічної безпеки нанотехнологій, наночастинок та наноматеріалів / В. Ф. Москаленко, О. П. Яворовський // Науковий вісник Національного медичного університету. — 2009. — № 3. — С. 25–35.
6. Нанотехнология как движущая сила аграрной революции [Бовсуновський А. М., Вялый С. О., Каплуненко В. Г., Косинов Н. В.] / *Зерно*. — 2008. — № 11(31). — С. 80–83.
7. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. — 4 — е изд., перераб. и доп. — М. : Агропромиздат, 1988. — 271 с.
8. Прохорова И. М. Оценка митотического и мутагенного действия факторов окружающей среды : метод. указания / [И. М. Прохорова, М. И. Комарова, А. Н. Фомичева]. — Ярославль : Яросл. гос. ун — т, 2003. — 32 с.
9. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038–84. — [Действующий от 1986–01–07]. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 2004. — 64 с.
10. Технологія екологічно безпечного використання нанопрепаратів у адаптивному рослинництві / Н. Ю. Таран, Л. М. Бацманова, К. Г. Лопатько, С. М. Каленська // *Фізика живого*. — 2011. — № 2. — С. 54–58.

Морозостойкость и способности к закаливанию декоративных интродуцентов семейства *Caprifoliaceae* Juss. при культивировании на Южном берегу Крыма

Браилко В. А.

Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Республика Крым, Российская Федерация, valentina.brailko@yandex.ru

Резюме. Представлены результаты исследования потенциальной морозостойкости и способности к закаливанию некоторых представителей семейства *Caprifoliaceae* коллекции Никитского ботанического сада. Описаны режимы закалки и характерные типы морозных повреждений. Установлены виды, сорта и формы, обладающие высокой морозостойкостью на всех этапах перезимовки.

Ключевые слова: жимолостные, потенциальная морозостойкость, закалка, повреждения, устойчивость.

Frost resistance and ability to hardening in some decorative introduced species of the family *Caprifoliaceae* Juss. cultivated on the Southern Coast of Crimea. Brailko V. A. **Summary.** The results of the studies of potential frost resistance and ability to hardening in some *Caprifoliaceae* species from Nikita Botanical Gardens collection are presented. Hardening regimes and distinctive types of frost damages have been described. Species, cultivars and forms characterized by high frost resistance at all stages of wintering have been identified.

Key words: *Caprifoliaceae* species, potential frost resistance, hardening, damages, resistance.

Уровень холодостойкости растений определяется генетически-обусловленной способностью переносить пониженные температуры и особенностями климатопа среды произрастания, в которых проявляется это свойство [5]. Так как жимолостные (*Caprifoliaceae* Juss.) в естественных условиях распространены в основном в тропических и субтропических районах, реже — в умеренной зоне [1,6], для них актуально изучение способности реализации адаптивных механизмов к низкотемпературному стрессу. Одним из путей температурной адаптации высших растений, согласно гипотезе Туманова (1979) [7], является сочетание филогенетической морозостойкости со способностью клеток повышать устойчивость под действием температур в процессе закалок [4]. В процессе холодной акклимации в тканях растений проходят физиологические, биохимические и молекулярные изменения: повышается транскрипция генов, ослабляются или полностью прекращаются ростовые процессы, гормональный баланс сдвигается в сторону накопления ингибиторов роста, энергетический — в сторону накопления энергетически богатых веществ, снижается содержание воды, увеличивается количество осмотически активных веществ (пролина, бетаина, полиозы, растворимых сахаров, а также веществ с антиоксидантной активностью). Синтезируются низкомолекулярные белки-деги-

дрины. На клеточном уровне отмечаются модификационные изменения клеточных стенок и мембран протоплазмы [2,3]. В связи с этим, целью наших исследований было определение уровня потенциальной морозостойкости и способности к закалке некоторых представителей семейства Caprifoliaceae.

В исследования были включены следующие виды, садовые формы и сорта жимолостных коллекции Никитского ботанического сада: *Lonicera tatarica* L., *L. maackii* (Rupr.) Maxim., *L. fragrantissima* Lindl. Et Paxt., *L. nitida* Wils., *L. nitida* cv. Elegant, *L. pileata* Oliv., *L. pileata* cv. Variegata, *L. henryi* Hemsl., *L. japonica* Thunb., *L. caprifolium* L., *L. etrusca* (род *Lonicera*); *Weigela floribunda* (Siebold, Zucc.) K. Koch., *W. florida* (Bunge) A DC., *W. hortensis* (Siebold, Zucc.) K. Koch., *W.* cv. Montesquieu, *W.* cv. Memoire de Mme van Houtte, *W.* cv. Kosteriana Variegata, *W.* cv. Red Prince (род *Weigela*), *Abelia* × *grandiflora* (Rovelli ex Andre) Rehder. (род *Abelia*).

Оценку потенциальной морозостойкости проводили с помощью метода прямого промораживания изолированных однолетних побегов [8] в климатической камере «Gruland» и «Votsch VT 4004» (градиент понижения — повышения температуры 2°C/час) в разные периоды перезимовки 2012–2017 гг. Учитывая размеры исследуемых вегетативных органов и локализацию их повреждений, при оценке использовали микроскоп (Jenaval) и бинокуляр (МБС-1).

Результаты искусственного промораживания в ноябре и декабре указывают на развитие довольно высокого уровня устойчивости к низкотемпературному стрессу жимолостных в период покоя. Максимальная морозостойкость изученных представителей семейства Caprifoliaceae отмечена в конце декабря — январе. Направленность повреждений имеет общий характер, снижается в ряду ткани сердцевинки и коровой паренхимы побегов — почки — листья. Уровень критических температур (когда повреждены ткани свыше 80% зимующих органов) у *L. nitida*, *L. pileata*, *L. pileata* cv. Variegata составляет –12,5°C, у *L. nitida* cv. Elegant, *A. × grandiflora* –14°C. Вьющиеся жимолости (*L. henryi*, *L. japonica*, *L. caprifolium*, *L. etrusca*), а также *L. fragrantissima*, *W. florida*, *W. hortensis*, *W.* cv. Montesquieu и *W.* cv. Kosteriana Variegata проявили среднюю степень морозостойкости, значения их критических температур ниже –18°C. Наиболее высокая потен-

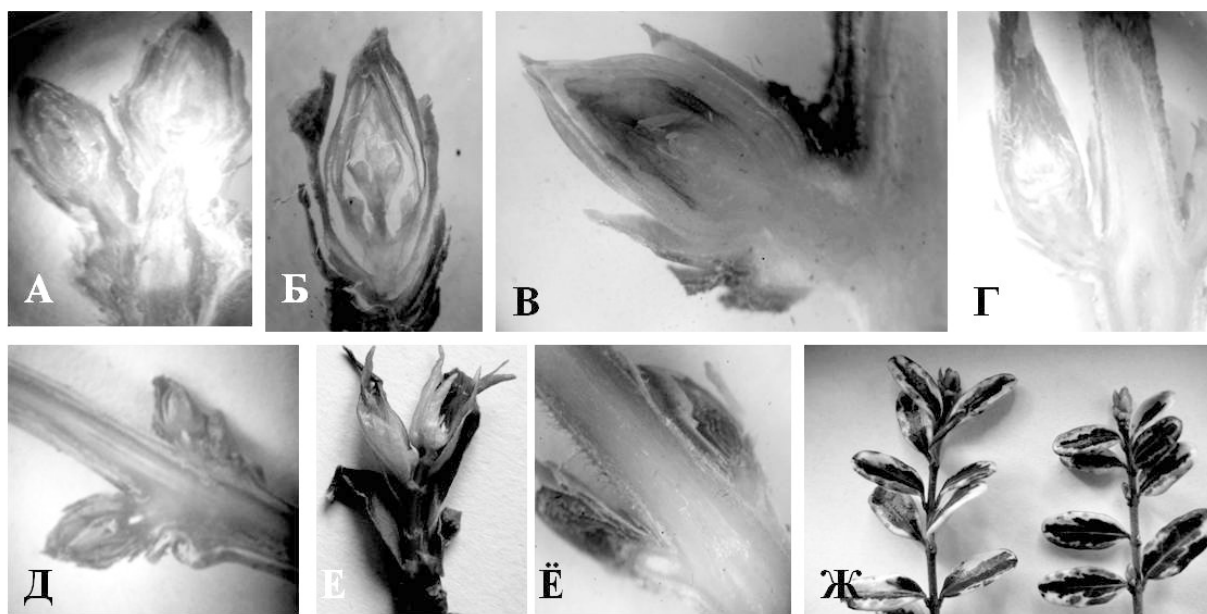


Рис. 1. Типы морозных повреждений некоторых представителей семейства Caprifoliaceae: А — некроз проводящей системы почек *L. maackii*, Б — повреждения зачатков цветков *L. tatarica*, В — конуса нарастания и листовых примордиев *L. caprifolium*, Г — проводящей системы, флоральной меристемы и коровой паренхимы *W.* cv. Kosteriana Variegata, Д — листовых примордиев и тканей основания почек *L. etrusca*, Е — обмерзание первых распутившихся листьев *L. tatarica*; Ё — некроз тканей почек *W. hortensis*, Ж — некротические пятна на листьях *L. pileata* cv. Variegata.

циальная морозостойкость характерна для *L. tatarica*, *L. maackii*, *W. floribunda*, *W. cv. Memoire de Mme van Houtte* и *W. cv. Red Prince* (критические температуры $-20\dots -25^{\circ}\text{C}$). Наиболее повреждаемые структуры — ткани листа, терминальные почки, проводящая система почек, листовые примордии и флоральная меристема, ткани коры однолетних побегов. Некоторые типы морозных повреждений представлены на рисунке 1.

В начале зимнего периода режим закалики ($4^{\circ}\text{C}/4$ часа, $0^{\circ}\text{C}/12\dots 14$ часов, $-2^{\circ}\text{C}/4$ часа, далее понижение до $-6,5\dots -8^{\circ}\text{C}$) повысил устойчивость почек в 1,5–2 раза (по сравнению с побегами, взятыми из условий культивирования при среднесуточной температурой воздуха выше 5°C). Особенно эффект закалики в это время проявился у слабоморозостойких вьющихся и вечнозеленых видов рода *Lonicera*, *A. xgrandiflora* и *W. cv. Kosteriana Variegata*.

В дальнейшем при прохождении перезимовки (в декабре-январе) высокая способность к закаливанию определена для *L. maackii*, *W. floribunda*, *L. caprifolium*, *L. fragrantissima*, *L. japonica*, *W. cv. Memoire de Mme van Houtte* и *W. cv. Montesquieu* (до достижения действующей температуры промораживания побеги 12 часов выдерживали при 0°C и 6–12 часов при -4°C). Уровень морозостойкости в указанном режиме закаливающихся температур повысил морозостойкость на 25–38%.

В момент выхода из состояния покоя (конец января-февраль) низкотемпературная устойчивость снизилась, однако способность к закаливанию не утратили *L. maackii*, *L. tatarica*, *W. floribunda*, *L. caprifolium* и *L. nitida*. Морозостойкость после режима предварительной закалики ($0^{\circ}\text{C}/12$ часов, $-2^{\circ}\text{C}/4$ часа, $-4^{\circ}\text{C}/4$ часа) повысилась на 7–15%.

Таким образом, благодаря нашим исследованиям определен уровень потенциальной морозостойкости представителей семейства Caprifoliaceae коллекции Никитского ботанического сада. Высокой морозостойкостью обладают *L. tatarica*, *L. maackii*, *W. floribunda*, *W. cv. Memoire de Mme van Houtte* и *W. cv. Red Prince*; средний уровень характерен для *L. henryi*, *L. japonica*, *L. caprifolium*, *L. trusca*, *L. fragrantissima*, *W. florida*, *W. hortensis*, *W. cv. Montesquieu* и *W. cv. Kosteriana Variegata*; минимальная низкотемпературная устойчивость у *L. nitida*, *L. pileata*, *L. pileata cv. Variegata*, *L. nitida cv. Elegant* и *A. xgrandiflora*. У изученных таксонов можно отметить способность к закаливанию, как один из механизмов формирования морозостойкости в зоне интродукции. Воздействие температур от 0°C до -4°C в осенне-зимнее время существенно повышает морозостойкость зимующих надземных органов.

Список литературы

1. Глухов А. В., Костырко Д. Р., Осавлюк С. Н. Виды рода жимолость на Юго-востоке Украины. Донецк. — 2002. — 120 с.
2. Елманова Т. С., Опанасенко Н. Е. Эколого-физиологические особенности персика. — К.: Аграрна наука. — 2010. — 152 с.
3. Елманова Т. С., Сакович Д. А. Биологический покой почек декоративных кустарников разных сроков цветения. Бюл. Никит. ботан. сада — 2005 — Вып. 91. — С. 56–60.
4. Левитт Дж. Повреждение и выживание после замораживания и связь с другими повреждающими воздействиями. Холодостойкость растений: пер. с англ. — М.: Колос. — 1983. — С. 10–22.
5. Петров К. А. Криорезистентность растений: эколого-физиологические и биохимические аспекты. Новосибирск. Изд-во Сибирского отделения Российской академии наук. — 2016. — 243 с.
6. Рябова Н. В. Жимолость. Итоги интродукции в Москве — М.: Наука. — 1980. — 160 с.
7. Туманов И. И. Физиология закаливания и морозостойкость растений. — М.: Наука. — 1979. — 350 с.
8. Физиологические и биофизические методы в селекции плодовых культур: методические рекомендации. Под ред. А. И. Лищука. М., ГНБС. — 1991. — С. 56.

Влияние стимуляторов роста растений на активность почвенных микроорганизмов в корнеобитаемом слое торфа в посадках клюквы крупноплодной

Булавко Г. И., Яковлев А. П., Антохина С. П.

Центральный ботанический сад НАН Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь,
bulavkog@mail.ru

Резюме. Показано, что в торфяном субстрате под клюквой крупноплодной масса и активность микроорганизмов слабо повышается от весны к осени. Обработка растений препаратами стимулирующими рост растений или добавление в почву минеральных удобрений существенно изменяют физиологические процессы в растении и прямо влияют на условия функционирования почвенного микробиоценоза. При этом накопление более высокой массы микробов в корнеобитаемом слое почвы под клюквой крупноплодной после обработки стимуляторами роста не позволяет микробам иметь более высокую функциональную активность. Добавление минеральных удобрений вызывает всплеск активности только в первые недели после их внесения в субстрат.

The influence of plant growth stimulators on the activity of soil microorganisms in the root layer of peat in the planting of large-cranberry. Bulavko G. I., Yakovlev A. P., Antokhina S. P. **Summary.** The results showed that in soil under *Vaccinium macrocarpon* mass and activity of microorganisms weakly increases from spring to autumn. Processing of plants by preparations stimulating plant growth or adding to the soil mineral fertilizers modifies physiological processes in the plant and indirectly (through the amount and composition of root exudates) and right (thereby increasing competition for mineral components) changes the conditions for the functioning of soil microbiocenosis. The accumulation of higher mass of microbes in the root zone of the soil under *Vaccinium macrocarpon* after treatment with growth promoters does not allow the microbes to have a higher functional activity. The addition of mineral fertilizers causes a surge of activity just in the first weeks after their introduction into the soil.

Наблюдения за функционированием микробиоценоза в посадках клюквы крупноплодной, обработанной различными стимуляторами роста растений, проведены в условиях выработанного торфяного месторождения в Белорусском Полесье (Столинский р-н Брестской обл.). Схема опыта 6-вариантная: 1 — контроль — без обработки, 2 — некорневая обработка раствором препарата «ЭлеГум-комплекс» (50 мл на 1 л воды), 3 — некорневая обработка раствором препарата «КомплеМет» (5 мл на 1 л воды), 4 — внесение полного минерального удобрения $N_{16}P_{16}K_{16}$, 5 — внесение полного минерального удобрения $N_{16}P_{16}K_{16}$ в сочетании с некорневой обработкой раствором препарата «ЭлеГум-комплекс» (50 мл на 1 л воды), 6 — некорневая обработка раствором препарата «Сок Земли» (20 мл на 1 л воды). Все препараты, стимулирующие рост растений, имеют разный химический состав и разный механизм действия. Для почвенных микроорганизмов их влияние может быть как прямым (при попадании в почву), так и опосредованным (увеличение массы корней, количества корневых экссудатов и корневого опада). Контролем служил вариант 1 без обработки растений.

Для оценки эффекта биологически активных веществ на функционирование микробоценоза использованы показатели величины микробной массы [3], активности дыхания почвы и расчетный показатель — коэффициент метаболической активности микроорганизмов [1].

Растения и микроорганизмы нуждаются в одних и тех же макро — и микроэлементах необходимых для роста, и в этом отношении они являются конкурентами. При обработке растений биологически активными препаратами, стимулирующими ростовые процессы, конкурентоспособность растений за минеральные компоненты возрастает, но одновременно повышается количество корневых экссудатов и опада, что дает микробам больше органических компонентов питания. При этом для роста микроорганизмов важно наличие как минеральных, так и органических веществ. Рассмотрим динамику изменения микробной массы после обработки растений разными по составу препаратами.

В контрольном варианте в торфяном субстрате под растениями клюквы крупноплодной наблюдалось увеличение микробной массы от весны к осени. Физиологически активная часть микробоценоза имела массу 203,5 мкг С/г почвы в апреле и достоверно повышалась в июле до 252,2 и сентябре до 279,6 мкг С/г почвы.

Непосредственно после обработки растений достоверное повышение микробной массы произошло в вариантах с добавлением минеральных удобрений (варианты 4 и 5), несущественно, но значительно выше контроля была величина микробной массы в почве под клюквой, обработанной препаратом «Сок Земли» (вариант 6).

Изменение метаболических процессов в растениях клюквы после обработки биологически активными препаратами повлияло на ход сезонной сукцессии микробоценоза в почве фитогенного поля. На участке с посадками клюквы, обработанной КомплеМетом, рост микробной массы увеличился в 1,5 раза за период от апреля (186,5 мкг С/г почвы) до июля (270,8 мкг С/г почвы) и сентября (400,6 мкг С/г почвы). Более плавный рост показателя отмечен после обработки растений препаратом Элегу́м (223,1 — 232,8 — 339,0 мкг С/г почвы (табл. 1).

Таблица 1
Величина микробной массы в почве под растениями клюквы крупноплодной, обработанной стимуляторами роста растений, мкг С/г почвы

Вариант опыта	апрель			июль			сентябрь		
	$\bar{X} \pm s_x$	CV, %	t-тест	$\bar{X} \pm s_x$	CV, %	t-тест	$\bar{X} \pm s_x$	CV, %	t-тест
1	203,5±20,8	17,6	—	252,2±37,4	25,7	—	279,6±22,8	14,1	
2	186,5±19,0	17,6	0,60	270,8±31,9	20,4	0,38	400,8±25,2	10,9	3,57
3	223,1±18,2	14,1	-0,71	260,9±19,4	12,8	0,21	339,0±25,2	12,8	1,75
4	265,8±15,7	10,2	-2,40	232,8±17,3	12,8	0,47	434,6±70,9	28,3	2,08
5	239,6±17,8	12,8	16,21	332,1±15,9	8,3	1,96	397,2±24,9	10,9	3,48
6	248,2±18,4	12,8	-1,61	268,2±1,1	0,4	0,43	242,5±24,7	17,7	1,0

Добавление в почву минеральных удобрений вызвало максимальный всплеск развития микробов и максимальный размах сезонных колебаний от 265,8 мкг С/г почвы в апреле до 232,8 в июле и 435,6 мкг С/г почвы в сентябре, т. е. в 1,9 раза. При добавлении минеральных удобрений с одновременной обработкой растений препаратом Элегу́м (вариант 5) запасы микробной массы превышали контроль в течение всего периода роста растений, и резких колебаний величины показателя не выявлено. В апреле масса физиологически активной части микробов составляла 239,6 мкг С/г почвы, в июле она повысилась до 332,1 и в сентябре до 397,2 мкг С/г почвы, т. е. повышалась в 1,1–1,3 раза достоверно превышая контроль (см. табл. 1).

Стимулирование роста растений любым из использованных препаратов и добавлением минеральных удобрений повышает приток растительных ассимилятов в торфе и увеличивает

трофическую базу для эдафобионтов. Известно, что количество корневых выделений растений может составлять от 30 до 50% от общего количества фотоассимилятов [2], что позволяет микробам развиваться и накапливать массу. Величина листового и корневого опада у растений имеет максимум осенью, чем объясняется повышение величины биомассы микроорганизмов в этот период.

Величина потока CO_2 из почвы в посадках клюквы крупноплодной в контрольном варианте плавно повышалась в течение вегетационного периода от 17 до 28 и 35 мкг CO_2 на г почвы в сутки (табл. 2). Обработка растений препаратами, стимулирующими рост, изменило активность дыхания почвы и ход сезонной динамики процесса.

Таблица 2

Количество CO_2 , выделенное почвой под растениями клюквы крупноплодной, обработанной стимуляторами роста растений, мкг CO_2 /г почвы в сутки

Вариант опыта	апрель			июль			сентябрь		
	$\bar{X} \pm s_x$	CV, %	t-тест	$\bar{X} \pm s_x$	CV, %	t-тест	$\bar{X} \pm s_x$	CV, %	t-тест
1	17,2±1,4	13,6	–	28,2±2,7	16,33	–	35,0±1,7	8,32	–
2	19,2±2,9	25,7	-0,65	14,8±3,0	35,36	3,32	29,5±1,9	10,88	2,18
3	23,4±1,4	10,1	-3,26	13,6±1,6	20,20	4,70	31,8±1,9	10,1	1,28
4	29,9±1,2	6,8	-7,12	26,0±4,3	28,28	0,43	40,6±1,7	7,44	2,29
5	21,2±1,3	10,9	-2,15	20,8±1,3	10,88	2,48	29,3±1,8	10,88	2,30
6	16,9±1,4	14,1	0,12	31,2±3,0	16,64	0,74	35,7±1,8	8,84	0,28

Усиление активности респирации непосредственно после обработки растений отмечено во всех вариантах, но степень действия была разной. Достоверное повышение потока CO_2 из почвы непосредственно после обработки отмечено в вариантах с добавлением комплекса минеральных удобрений $\text{N}_{16}\text{P}_{16}\text{K}_{16}$ и препарата Элегум. Комплекс макроэлементов (вариант 4) был внесен непосредственно в почву и позволил микробам использовать лимитирующие рост элементы, поэтому скорость выделения углекислого газа в этом варианте весной была самой высокой — 29,9 мкг CO_2 на г почвы в сутки и достоверно превышала контроль, в июле (26,0 мкг) и августе (40,6 мкг) активность процесса превышала контроль, но достоверных отличий от варианта без обработок не прослеживалось.

Стимулирующий эффект от добавления Элегум (вариант 3) был кратковременным. Только непосредственно после обработки растений поток CO_2 из почвы составлял 23,4 мкг CO_2 на г почвы в сутки и превышал контроль. В июле скорость процесса сократилась до 13,6 мкг CO_2 на г почвы в сутки, что было достоверно ниже контроля, и в сентябре была равной 31,8 мкг CO_2 на г почвы в сутки, что было близко к варианту без обработок. Совместное использование комплекса макроэлементов с препаратом Элегум (вариант 5) достоверных отклонений от контроля не вызывало. После слабого всплеска потока CO_2 в апреле (21,2 мкг/г почвы в сутки) его величина сократилась до 20,8 мкг CO_2 на г почвы в сутки в июле и 29,3 мкг CO_2 на г почвы в сутки в сентябре, что было ниже, чем в контрольном варианте, но разница была не существенной.

Непосредственно после обработки растений не наблюдалось эффекта от действия препаратов КомлеМет (вариант 2) и Сок земли (вариант 6). Под растениями клюквы крупноплодной, обработанной биостимулятором КомплеМет, скорость образования углекислого газа уменьшилась от 19,2 мкг CO_2 на г почвы в сутки в апреле, до 14,8 мкг CO_2 на г почвы в сутки в июле, и была близкой к контрольному варианту в сентябре (29,5 мкг CO_2 на г почвы в сутки). После обработки клюквы препаратом «Сок земли» активность процесса повышалась от 16 до 32 и 35 мкг CO_2 на г почвы в сутки в течение периода наблюдений, но достоверных отличий от контроля по количеству выделенного из почвы CO_2 не отмечено на протяжении всего вегетационного пери-

ода. Данный препарат не изменил ни абсолютную величину показателя, ни ход сезонной динамики активности респирации (см. табл. 2).

Таким образом, процесс образования углекислого газа в почве, отражающий общую активность почвенной биоты, меняется при обработке растений препаратами, стимулирующими рост растений. Достоверное повышение активности респирации отмечено только непосредственно после внесения в почву комплекса минеральных удобрений и при обработке растений препаратом Элегум. Достоверных отличий от контроля в течение вегетационного периода величины параметра не было, но отмечен общий тренд к снижению активности процесса после обработки растений.

Интегральным показателем, отражающим соотношение количества выделенного углекислого газа к величине массы микроорганизмов, является коэффициент метаболической активности микроорганизмов. Этот показатель плавно повышался в течение вегетационного периода от 0,07 до 0,11% в контрольной варианте под растениями клюквы крупноплодной.

По-видимому, некорневая обработка стимуляторами роста растений дает быстрый эффект. Непосредственно после обработки происходит активизация микробиоты в почве фитогенного поля растений. В большинстве вариантов всплеск активности произошел сразу после обработки растений до 0,08–0,10%, при обработке препаратом «Сок земли» отмечена некоторая задержка в реакции микробиоты и повышение метаболической активности произошло только в июле (0,10%). Однако, как показывает интегральный показатель функциональной активности почвенных микроорганизмов, независимо от механизма действия, стимуляторы роста растений повышают их способность поглощать биогенные вещества из почвы и лишают микробоценоз возможности развиваться более активно, чем в нативной почве.

Полученные результаты показали, что в почве под клюквой крупноплодной масса и активность микроорганизмов слабо повышается от весны к осени. Обработка растений препаратами, стимулирующими рост растений, или добавление в почву минеральных удобрений изменяет физиологические процессы в растениях и опосредованно (через количество и состав корневых экссудатов), и прямо (повышая конкуренцию за минеральные компоненты) изменяет условия функционирования почвенного микробоценоза. При этом накопление более высокой массы микробов в корнеобитаемом слое почвы под клюквой крупноплодной после обработки стимуляторами роста не позволяет микробам иметь более высокую функциональную активность. Добавление минеральных удобрений вызывает всплеск активности только в первые недели после их внесения в почву.

В случае проведения фиторекультивационных мероприятий это заключение является важным, т. к. как использование стимуляторов роста растений повышает их адаптационные возможности и ускоряет развитие, и при этом не провоцирует усиление активности деструкторов в почве.

Список литературы

1. Ананьева, Н. Д. Микробиологическая оценка почв в связи с самоочищением от пестицидов и устойчивостью к антропогенным воздействиям: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.07 / Н. Д. Ананьева. — Москва, 2001. — 50 с.
2. Бабьева, И. П. Биология почв : учеб. пособие / И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1989. — 336 с.
3. Anderson, J. P. S. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils / J. P. S. Anderson, K. H. Domsch // Soil Biol. Biochem. — 1978. — V. 10. — P. 215–221.

Изучение биохимического состава некоторых сортов рода *Paeonia* L. в коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси

Войцеховская Е. А., Китаева М. В.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, vazek@list.ru

Резюме. Представлены данные по накоплению биохимических метаболитов 15 сортов *Paeonia lactiflora* Pall. Установленное количественное содержание флавоноидов, аскорбиновой кислоты и углеводов у исследованных травянистых пионов позволило идентифицировать потенциальные источники этих биологически активных веществ.

Study of the biochemical composition of *Paeonia* L. genus cultivars of the Central Botanical Garden (NAS, Belarus) collection. Voitsehovskaya E. A., Kitayeva M. V. **Summary.** Data on the accumulation of the biochemical metabolites in 15 cultivars of *Paeonia lactiflora* Pall. are presented. The established quantitative composition of flavonoids, ascorbic acid and carbohydrates of the studied herbaceous peonies provides to identify the potential sources of this biologically active substances.

Введение

В последние годы возрос интерес к проблеме интродукции растений, содержащих ценные биологически активные вещества (эфирные масла, полисахариды, аминокислоты, витамины и др.), необходимые организму человека. В связи с этим возникла потребность в изучении химического состава растительного сырья травянистых пионов сорта (*Paeonia lactiflora* Pall) как перспективного источника лекарственного сырья. В корнях пионов обнаружены свободные салициловая и бензойная кислоты, эфирные масла, дубильные вещества, пионофлуоресцин, глюкозид салицин [1, 2]. Однако биохимический состав сортов советской селекции в листьях травянистых пионов практически не изучен. Поэтому возникает интерес в изучении новых дополнительных растительных источников для расширения ассортимента уже используемых [3].

Объекты и методы исследования

Объектом исследований явились растения 15 сортов травянистых пионов *Paeonia lactiflora* Pall. коллекции лаборатории интродукции и селекции орнаментальных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Сбор надземной части растений проводили в утренние часы без явлений погоды в фазы массовой бутонизации (июнь 2016 г.) и конца плодоношения пионов (сентябрь 2016 г.). Сушили, измельчали согласно требованиям фармакопейной статьи ФС 420531–98. Условия экстракции были следующими: экстрагент — 70% раствор этилового спирта, измельченность растительного сырья 100–250 мкм, соотношение сырье: экстрагент 1:30, время экстракции 45 мин, температура экстракции 85–90°C. Метод определения содержания аскорбиновой кислоты основывался на индо-фенольном титровании [4, 5]. Определение количественного содержания флавоноидов (в пересчете на рутин, %) в растениях проводили спектрофотометрическим методом, используя реакцию комплексообразования

Характеристика биохимического состава
в надземной части (листьях) 15 сортов *Raeonia tectiflora* Pal

№ п/п	Сорта	Год	Страна происхождения	Массовая бутонизация (май 2016 г.)		Конец плодоношения (сентябрь 2016 г.)		
				Флавоноиды, %	Аскорбиновая кислота, мг %	Флавоноиды, %	Аскорбиновая кислота, мг %	
1.	Памяти Гагарина (Pamiati Gagarina)	1957	USSR	2,50±0,04	0,52±0,07	1,19±0,06	0,30±0,06	5,72±0,06
2.	Мираж (Mirazh; Miraj)	1959	USSR	2,75±0,10	0,54±0,04	7,67±0,07	0,27±0,03	6,27±0,08
3.	Жемчужная россыпь (Zhenchuzhnaya rossyp)	1989	USSR	1,90±0,06	0,22±0,02	0,69±0,02	0,13±0,04	5,95±0,07
4.	Мирный (Mirnyi, Mirmij, Mirmii)	1952	USSR	1,76±0,08	0,42±0,02	0,13±0,02	0,09±0,01	5,13±0,02
5.	Зорька (Zorka; Zorka)	1965	USSR	1,97±0,10	0,25±0,04	0,23±0,02	0,23±0,02	5,72±0,02
6.	Победа (Pobeda)	1957	USSR	2,88±0,06	0,56±0,04	1,42±0,09	0,33±0,05	4,25±0,05
7.	Suruga — etalon	1955	France	2,65±0,04	0,43±0,04	7,98±0,07	0,16±0,06	6,98±0,09
8.	Вечерняя Москва (Vechernya Moskva)	1961	USSR	2,04±0,11	0,30±0,02	0,09±0,03	0,27±0,04	5,02±0,04
9.	Белый Парус (Belyi Parus)	1961	USSR	1,92±0,09	0,41±0,04	0,11±0,03	0,32±0,03	3,92±0,09
10.	Новость Алтая (Novost' Altaja)	1963	USSR	2,05±0,07	0,48±0,01	0,18±0,03	0,42±0,02	6,01±0,03
11.	Аркадий Гайдар (Arkady Gaidar; Arkadij Gaydar)	1958	USSR	1,73±0,09	0,19±0,03	0,21±0,08	0,12±0,05	4,62±0,05
12.	Восток (Vostok)	1957	USSR	2,01±0,11	0,43±0,02	0,35±0,03	0,38±0,06	4,82±0,02
13.	Pierre Reignoux	1908	France	1,99±0,11	0,61±0,05	1,01±0,08	0,57±0,01	4,01±0,09
14.	Орленок (Orlenok; Orionok)	1963	USSR	2,61±0,09	0,43±0,03	0,43±0,02	0,38±0,01	3,79±0,11
15.	Boule de Neige	1862	France	2,34±0,09	0,25±0,06	0,31±0,08	0,21±0,07	4,97±0,08

с раствором хлорида алюминия (III) (30 г/л) [5, 6]. Определение углеводов проводили по методу Бертрана [4].

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета программ Excel и Statistica10.0.

Результаты и их обсуждение

Результаты проведенных исследований по изучению биохимического состава 15 сортов *Paeonia lactiflora* Pall. по фенологическим фазам 2016 г. иллюстрирует таблица.

Данные, приведенные в таблице, свидетельствуют о незначительном различии в содержании аскорбиновой кислоты у исследуемых сортов пионов. Наибольшим накоплением характеризовалось сырье, собранное в фазу массовой бутонизации: от $0,19 \pm 0,03$ мг% у сорта «Аркадий Гайдар» до $0,61 \pm 0,05$ мг% у сорта «Pierre Reignoux» и показатели незначительно падали в фазу конца плодоношения в диапазоне от $0,57 \pm 0,01$ мг% у сорта «Pierre Reignoux», до $0,09 \pm 0,01$ мг% у сорта «Мирный». Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что накопление аскорбиновой кислоты в надземных органах изучаемых нами сортов *Paeonia lactiflora* Pall. является динамическим процессом на протяжении всего жизненного цикла их развития и падает незначительно к концу фазы их плодоношения. Вследствие этого сбор и заготовка растительного сырья может производиться не только в период закладки генеративных органов, но и в конце вегетации растения как дополнительного источника получения перспективных биологически активных соединений.

Установлено, что в процессе вегетации надземной части растения происходит накопление и увеличение количественного содержания флавоноидов. Среди изучаемых сортов наибольшим содержанием характеризуется сорт «Мираж», «Победа» — не менее 3,05%. Содержание углеводов отмечено у сорта «Suruga — etalon» $7,98 \pm 0,07$ и «Мираж» — $7,67 \pm 0,07$ в фазу массовой бутонизации.

В целом следует заключить, что выращиваемые сорта травянистых пионов *Paeonia lactiflora* Pall. в ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» представляют интерес в качестве перспективного растительного сырья для получения фитосборов.

Проведенные исследования по генетической паспортизации сортов травянистых пионов, в том числе советской селекции, создают необходимые условия для выявления регионов генома, отвечающих за биосинтез ценных вторичных метаболитов, и отбора генотипов рода *Paeonia* с повышенным их содержанием [7,8].

Дальнейшее изучение и анализ динамики накопления биологически активных веществ по фазам развития и органам пионов позволит дать оценку ряду сортов пионов как источников лекарственного растительного сырья для фармацевтической промышленности Республики Беларусь.

Авторы статьи выражают большую признательность куратору реферируемой коллекции пионов ЦБС НАН Беларуси научному сотруднику Валентине Васильевне Гайшун за предоставление и помощь при отборе растительного материала для биохимических анализов.

Список литературы

1. Реут А. А., Миронова Л. Н. Редкие виды представителей рода *Paeonia* L. в коллекции Ботанического сада — института Уфимского научного центра РАН // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, No 5 (3). С. 87–90.
2. Wu, Shao Hua, Da Gang Wu, and You Wei Chen. «Chemical constituents and bioactivities of plants from the genus *Paeonia*» *Chemistry & biodiversity* 7.1 (2010): 90–104.

3. ФС 42–531–98 Корневища и корни пиона уклоняющегося *Rhizomata et radices Paeoniae anomale*. Взамен ФС 42–531–72; введ. 09.12.1998. М., 2000. — 16 с.
4. Государственная фармакопея РБ / Пион уклоняющийся (количественное определение) // типография «Победа», Молодечно. — Том 2. — 2007. — С. 400–402.
5. Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. — 430 с.
6. Губаненко, Г. А. Влияние природно-климатических факторов на содержание флавоноидов в биомассе пиона уклоняющегося *Paeonia anomala* L. / Г. А. Губаненко, Е. В. и др. // Химия раст. Сырья, 2014. — № 1. — С. 165–170
7. Michener D. C., Vlasava N. B. Developing an international model for *Paeonia lactiflora* Pall. (*Paeoniaceae*) genetic resources conservation: integrating assessment of relative significance of historic cultivars for field genebanks with their genetic diversity// III International scientific-practical conference «Problems of biodiversity conservation and use of biological resources» 7–9 October 2015, Minsk, Belarus. — P. 438–442.
8. Vlasava N. B., Michener D. C., Yukhimuk A. N., V. V. Gaishun, R. Bryant, E. D. Agabalaeva, Spiridovich E. V. Genetic differentiation of historic cultivars of herbaceous paeonia based on SRAP markers: documentation and conservation of botanic collections// // Works of the State Nikit. Botan. Gard. — 2014. — V. 139 — P. 187–199.

Сезонная динамика фотосинтетической активности листьев рододендронов (по данным регистрации флуоресценции)

Володько И. К., Алферович Ж. Д.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь,
i.volodko@cbg.org.by

Резюме. С использованием регистрации параметров флуоресценции хлорофилла интактных листьев установлено, что фотосинтетический аппарат вечнозеленых и полувечнозеленых видов рододендрона обладает достаточно высокой устойчивостью к низким температурам и способен утилизировать световую энергию при невысоких отрицательных температурах. Выявлены разные сценарии в реакции фотосинтетического аппарата листьев вечнозеленых видов на неблагоприятные зимние условия. У одних видов наблюдается резкое снижение фотосинтетической активности в период наиболее низких температур, тогда как у других она сохраняется на относительно высоком уровне в течение всех зимних месяцев. У полувечнозеленых видов снижение фотосинтетической активности листьев в осенний период сопряжено с накоплением антоциановых пигментов.

Sezonal dynamic of photosynthetic activity of rhododendron's leaves. Volodko I. K., Alferovich Zh. D. **Summary.** It is established that in the conditions of Belarus leaves of evergreen types of a rhododendron have age from 2 to 7 years. By registration of parameters of fluorescence of chlorophyll a of intact leaves it is shown that the highest photosynthetic activity characterizes leaves at the age of 1–3 years. By the end of life photosynthetic activity of the assimilatory device of leaves, as a rule, decreases, however remains at rather high level that points to biological expediency of longevity of leaves at evergreen types of a rhododendron.

В условиях умеренного климата растения испытывают в течение года воздействие комплекса факторов внешней среды, сочетание и интенсивность которых меняется как в течение суток, так и сезонно. Растения по-разному приспособились к годичному ритму метеорологических факторов. У древесных и кустарниковых растений в процессе эволюции выработались 2 важнейшие стратегии поведения в отношении ассимиляционного аппарата: листопадность и вечнозеленость. Уникальность рода *Rhododendron* L. состоит в том, что в его составе присутствуют как листопадные, так и вечнозеленые виды, а также промежуточная форма — полувечнозеленые виды. У листопадных видов ассимиляционный аппарат формируется и функционирует исключительно в период одного вегетационного сезона, тогда как у вечнозеленых он выполняет свои функции круглогодично, причем в течение нескольких сезонов. Согласно нашим наблюдениям в условиях г. Минска, период жизни листьев у полувечнозеленых и вечнозеленых видов составляет от 1 до 6 лет [1].

В целях выяснения роли зимнезелености в жизни представителей рода *Rhododendron* L. представляло интерес изучить фотосинтетическую активность ассимиляционного аппарата вечнозеленых видов рододендрона в сезонном цикле развития. Для этих целей уместно использовать флуоресцентный метод, который позволяет обнаружить изменения в первичных процессах фотосинтеза в интактных тканях листа или других хлорофилл-содержащих органах рас-

тений задолго до видимых нарушений физиологического состояния растения [2, 3]. Этот метод широко используется в изучении реакции растений на разнообразные стрессы. Для оценки состояния фотосинтетического аппарата наиболее часто используется параметр F_v/F_m — потенциальный квантовый выход фотохимических реакций ФС II, который коррелирует с квантовым выходом фотосинтеза. Данный показатель позволяет исследовать протекание фотохимических реакций, связанных с функционированием ФС II у высших растений, которая считается более чувствительной к факторам внешней среды, чем фотосистема I [4].

В здоровых листьях при оптимальных условиях внешней среды величина параметра F_v/F_m находится в пределах, близких к 0,8 [5]. В неблагоприятных условиях среды, по мере усиления напряженности действия экстремального фактора наблюдается снижение величины параметра F_v/F_m .

Объектами исследования являлись 12 вечнозеленных (*Rhododendron ambiguum* Hemsl., *Rh. brachycarpum* D. Don., *Rh. carolinianum* Rehd., *Rh. catawbiense* Michx., *Rh. fargesii* Franch., *Rh. fauriei* Franch., *Rh. fortunei* Lindl., *Rh. haemaleum* Balfoul et Forrest, *Rh. hirsutum* L., *Rh. maximum* L., *Rh. ponticum* L., *Rh. smirnowii* Trautv. *Rh. williamsianum* Rehd. et Wils.) и 4 полувечнозеленые (*Rh. dauricum* L., *Rh. ledebourii* Pojark, *Rh. obtusum* (Lindl) Planch., *Rh. sichotense* Pojark.) виды из коллекции рододендрона Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Возраст растений — 30–35 лет. Для исследования было отобрано по 3–5 одновозрастных растений каждого вида. Переменную флуоресценцию хлорофилла интактных листьев регистрировали с помощью портативного флуориметра РАМ-2100. Регистрировали параметр переменной флуоресценции хлорофилла Y — суммарный показатель эффективности преобразования поглощенной световой энергии, иногда этот показатель называют квантовым выходом фотосистемы II. Исследования велись на интактных листьях растений прямо в полевых условиях в течение всего года. Одновременно осуществляли регистрацию освещенности и температуры окружающего воздуха. Исследования проводились на листьях текущего года. При каждом определении выполнялось от 12 до 20 замеров в зависимости от степени их вариации. Для исключения попадания прямых солнечных лучей на объекты исследования регистрацию проводили в пасмурную погоду либо в утренние часы.

В таблице представлены усредненные за 6 лет наблюдений данные по сезонной динамике параметра флуоресценции Y листьев 12 вечнозеленых и 4 полувечнозеленых видов рододендрона. При усреднении данных в расчет брались показания, полученные при примерно одинаковых температурных условиях регистрации флуоресценции.

Как видно из таблицы, в середине вегетации (июль) при благоприятных погодных условиях у полностью сформировавшихся листьев текущего прироста у всех изученных видов рододендрона потенциальный квантовый выход фотохимических реакций ФС 2 (Y) имеет значения близкие к 0,8. Несколько ниже этот показатель у *Rh. obtusum*. Значения показателя qN находятся в это время в границах 0,5–0,6 ед. Несколько больше этот показатель оказался у *Rh. fargesii* — 0,70 ед. В случае продолжительного (до 2 недель) отсутствия осадков в этот период вегетации (это имело место в августе 2013 г.) у отдельных видов (*Rh. obtusum*, *Rh. ponticum*, *Rh. carolinianum*) отмечено снижение показателя Y до 0,57–0,70 ед., что, очевидно, отражает повышенную чувствительность этих видов к водному дефициту.

В осенний период по мере снижения температуры воздуха динамика показателя Y у вечнозеленых и полувечнозеленых видов существенно различалась. У полувечнозеленых видов в это время отмечено резкое снижение этого показателя спад. У *Rh. dauricum*, *Rh. sichotense*, *Rh. ledebourii* к середине ноября при дневных положительных температурах +7...+10°C значения Y составляли 0,41–0,55 ед. К этому времени большинство листьев у этих видов приобретало буровато-коричневую окраску. У вечнозеленых видов, а также у полувечнозеленого *Rh. obtusum* значения показателя Y в осенний период сохранялись на достаточно высоком уровне и составляли от 0,67 до 0,76 ед., при этом у некоторых видов (*Rh. carolinianum*, *Rh. fauriei*, *Rh. brachycarpum*, *Rh. ambiguum*, *Rh. ponticum*). они были практически на уровне летних значений.

Значения параметра флуоресценции Y (отн. ед.) листьев рододендронов в годичном цикле развития растений

Наименование вида	Месяцы года и температура воздуха (°C)									
	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV
	+20	+20	+13	+8	+7	-1	+2	+3	+8	+12
<i>Rh. ponticum</i>	0,75	0,70	0,75	0,70	0,69	0,36	0,38	0,18	0,40	0,44
<i>Rh. maximum</i>	0,80	0,76	0,75	0,65	0,69	0,54	0,42	0,46	0,55	0,54
<i>Rh. brachycarpum</i>	0,82	0,80	0,78	0,56	0,68	0,42	0,54	0,47	0,54	0,65
<i>Rh. fauriei</i>	0,82	0,80	0,79	0,60	0,72	0,52	0,54	0,50	0,56	0,59
<i>Rh. fortunei</i>	0,79	0,77	0,76	0,55	0,70	0,49	0,52	0,48	0,57	0,43
<i>Rh. fargesii</i>	0,78	0,80	0,76	0,56	0,70	0,60	0,42	0,30	0,58	0,54
<i>Rh. catawbiense</i>	0,77	0,76	0,74	0,74	0,69	0,49	0,53	0,30	0,55	0,46
<i>Rh. smirnowii</i>	0,80	0,79	0,79	0,73	0,69	0,69	0,47	0,20	0,57	0,53
<i>Rh. williamsianum</i>	0,79	0,80	0,80	–	0,72	0,60	0,44	0,20	0,49	0,35
<i>Rh. haemaleum</i>	0,79	0,80	0,77	–	0,70	0,36	–	0,12	0,46	0,50
<i>Rh. ambiguum</i>	0,82	0,79	0,77	–	0,76	0,55	0,55	0,24	0,57	0,61
<i>Rh. hirsutum</i>	0,80	0,80	0,78	0,68	0,71	0,29	0,30	0,11	0,43	0,50
<i>Rh. carolinianum</i>	0,74	0,71	0,73	0,69	0,71	0,59	0,35	0,39	0,59	0,57
<i>Rh. obtusum</i>	0,72	0,57	0,66	–	0,67	0,33	0,27	0,06	–	0,36
<i>Rh. dauricum</i>	0,80	0,78	0,76	0,59	0,41	0,39	0,39	0,38	0,42	0,59
<i>Rh. ledebourii</i>	0,80	0,75	0,76	–	0,55	0,47	0,37	0,24	0,50	0,51
<i>Rh. sichotense</i>	0,81	0,76	0,81	–	0,44	0,53	0,39	0,02	0,25	0,52

С началом зимнего периода регистрацию флуоресценции в полевых условиях проводили в дни с невысокими отрицательными или плюсовыми температурами. В декабре флуоресценцию листьев рододендронов регистрировали при температуре окружающего воздуха -1°C . Фотосинтетический аппарат изученных видов неодинаково отреагировал на отрицательную температуру. Понижение температуры ниже нуля вызвало резкое снижение показаний параметра Y (в 2,0–2,4 раза) у менее зимостойких вечнозеленых видов *Rh. ponticum*, *Rh. haemaleum* и *Rh. hirsutum*, а также у полувечнозеленого *Rh. obtusum*. В результате в указанный период времени эти виды по абсолютным значениям параметра Y (0,33–0,36) оказались с минимальными значениями среди изученных видов. Вторую, самую крупную по количеству группу образовали вечнозеленые виды *Rh. catawbiense*, *Rh. maximum*, *Rh. brachycarpum*, *Rh. fauriei*, *Rh. fortunei*, *Rh. ambiguum*, у которых значения параметра Y понизились по сравнению с осенним периодом в 1,4–1,7 раза и по абсолютным значениям находились в диапазоне 0,42–0,55 ед. Третью группу объединяют вечнозеленые виды *Rh. fargesii*, *Rh. williamsianum*, *Rh. carolinianum*, у которых значения параметра Y по сравнению с осенним периодом снизились менее чем на 20%. Абсолютные значения этого показателя у этих видов оставались высокими и находились в границах 0,59–0,60 ед. Четвертую группу формируют полувечнозеленые виды *Rh. dauricum*, *Rh. sichotense*, *Rh. ledebourii*, характеризующиеся сохранением относительно низкого уровня параметра Y (0,30–0,53). Особо следует выделить *Rh. smirnowii*, для которого отрицательная температура совершенно не повлияла на параметр Y и он оставался самым высоким (0,69) среди всех видов.

Приводимые ниже данные о динамике параметров флуоресценции в зимне-весенний период были получены в сезоны 2013–2014 и 2014–2015 гг., которые характеризовались определенной аномальностью погодных условий. В зиму 2013–2014 гг. настоящая зимняя погода со снегом

и морозами до -24°C отмечалась лишь во второй половине января. В зиму 2014–2015 гг. самые низкие температуры (до -18°C) наблюдались только в декабре. В остальное зимнее время стояла мягкая, бесснежная погода. Это позволило проводить регистрацию параметров флуоресценции в полевых условиях, начиная с февраля месяца. Независимо от предшествующих температурных условий прослеживаются следующие тренды в динамике параметра Y в зимний период.

Выделяется группа видов, у которых в течение всех зимних месяцев (декабрь — начало марта) значения показателя Y при температурах близких к нулю поддерживаются на относительно высоком и стабильном уровне (0,42–0,59 ед.). Эту группу видов составляют *Rh. maximum*, *Rh. brachycarpum*, *Rh. fauriei*, *Rh. fortunei*. Близко к ним располагаются *Rh. carolinianum*, у которого отмечается заметное снижение показателя в январе, однако в дальнейшем уровень этого показателя остается стабильным и достаточно высоким (0,35–0,39 ед.). Следующую группу образуют вечнозеленые виды, у которых значения показателя Y в середине февраля снизились до уровня 0,18–0,30 ед. Сюда входят *Rh. smirnowii*, *Rh. williamsianum*, *Rh. catawbiense*, *Rh. fargesii*, *Rh. ambiguum*, *Rh. ponticum*. Среди них следует выделить *Rh. smirnowii*, который превосходит остальных по интенсивности снижения параметра Y в зимнее время (более чем в 3 раза). 2 вечнозеленых вида *Rh. haemaleum* и *Rh. hirsutum* вместе с *Rh. obtusum* и *Rh. sichotense* образуют группу с крайне низкими показаниями Y в феврале, при этом следует отметить, что 3 первых вида имели наиболее низкие значения Y и в начале зимы.

У полувечнозеленых видов *Rh. dauricum* и *Rh. ledebourii* значения показателя Y сохранялись в течение всей зимы примерно на одном и том же уровне и были близки по абсолютным значениям *Rh. carolinianum*.

С наступлением весны и повышением температуры воздуха значения показателя Y у большинства видов повысились относительно зимних значений и составили на конец марта от 0,25 ед. у *Rh. sichotense* до 0,59 ед. у *Rh. carolinianum*. Наибольшее повышение показателя Y имели виды, характеризующиеся наиболее низкими его значениями в зимнее время (*Rh. hirsutum*, *Rh. obtusum*, *Rh. haemaleum*, *Rh. smirnowii*). Сравнивая значения показателя Y , полученные при сопоставимых температурах в осеннее и весеннее время, следует отметить, что, по крайней мере, в первой половине весны у всех изученных вечнозеленых видов весенние показания уступают по абсолютным значениям осенним на величину от 18–19% у *Rh. brachycarpum* и *Rh. smirnowii* до 47–63% у *Rh. ponticum* и *Rh. williamsianum*. У полувечнозеленых видов *Rh. sichotense*, *Rh. dauricum* и *Rh. ledebourii* ранневесенние значения этого параметра были близкими к позднеосенним и даже их превосходили, т. е. зимние температуры у этих видов оказали меньшее воздействие на фотосинтетический аппарат, чем у вечнозеленых видов.

Таким образом, при благоприятных погодных условиях прослеживаются следующие тренды в сезонной динамике параметров флуоресценции.

В осенний период по мере понижения температуры воздуха значения показателя Y постепенно снижаются. В большей степени этот процесс выражен у полувечнозеленых видов. В зимние месяцы при близких к нулю температурах у ряда зимостойких видов значения показателя Y сохраняются на стабильно высоком уровне, что косвенно свидетельствует о достаточно высокой физиологической активности их ассимиляционного аппарата в этот период времени и его относительной устойчивости к низким температурам. У полувечнозеленых видов значения показателя Y также сохраняют относительно стабильный пониженный уровень в зимние месяцы. У менее зимостойких вечнозеленых и полувечнозеленых видов и у *Rh. smirnowii* во второй половине зимовки имеют место резкие падения значений показателя Y .

В весенний период с повышением температуры окружающего воздуха параметр флуоресценции Y восстанавливается замедленно. Этот процесс протекает более активно у зимостойких полувечнозеленых видов, отличающихся более ранним началом вегетации. Полное восстановление активного физиологического состояния ассимиляционного аппарата у рододендронов, судя по значениям параметров флуоресценции, наступает не раньше мая.

Исходя из полученных результатов можно сделать заключение о том, что фотосинтетический аппарат у вечнозеленых и полувечнозеленых видов рододендрона отличается достаточно

высокой устойчивостью к низким температурам. Он проявляет относительно высокую физиологическую активность в осенний период при низких положительных температурах. Адаптация фотосинтетического аппарата к низким зимним температурам у полувечнозеленых и вечнозеленых видов осуществляется, по-видимому, разными путями. У полувечнозеленых видов в осенний период отмечается постепенное затухание фотосинтетической активности, сопровождающееся накоплением антоциановых пигментов. Предположительно последние и являются тем триггером, который ингибирует фотосинтетическую активность у полувечнозеленых видов. У вечнозеленых видов явное снижение фотосинтетической активности, а именно процессов, определяющих функционирование фотосистемы II, происходит под действием отрицательных зимних температур преимущественно у более зимостойких видов.

Ингибирование функциональной активности фотосинтетического аппарата в зимние месяцы отмечено Я. Яцко [6] у ряда хвойных, кустарничковых и травянистых вечнозеленых видов на севере России, что рассматривается автором как механизм защиты реакционных центров фотосистемы II от фотодинамического эффекта. По аналогии можно предположить, что этот механизм функционирует и у зимостойких видов рододендрона.

У менее зимостойких видов фотосинтетический аппарат в течение зимовки находится в физиологически более активном состоянии и более уязвим отрицательной температурой, что часто проявляется в повреждении их листовых пластинок во второй половине зимовки при относительно высокой солнечной инсоляции.

Список литературы:

1. Володько И. К., Алферович Ж. Д. Фотосинтетическая активность разновозрастных листьев вечнозеленых рододендронов. // Мат. VII Междунар. науч. конф. «Цветоводство: история, теория, практика», Минск, 24–26 мая 2016 г., Минск: Конфидо. 2016. С. 73–74.
2. Stirbet A. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll *a* fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. // Journal of Photochemistry and Photobiology. — B: Biology. 2011. Vol. 104 (1). P. 236–257.
3. Fernandez-Jaramillo A. A. et al. Instrumentation in Developing Chlorophyll Fluorescence Biosensing: A Review // Sensors. — 2012. Vol. 12. P. 11853–11869.
4. Рубин А. Б. Биофизика фотосинтеза и методы экологического мониторинга // Технология живых систем. 2005. Т. 2. С. 47–68.
5. Krause G. H., Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. // Annu. rev. Plant Physiol / . — 1991. — Vol. 42. — P. 313–349.
6. Яцко Я. Н. Пигментный аппарат вечнозеленых растений на Севере. // Автореф. канд. дисс. Санкт-Петербург. 2010. — 22 с.

Коллекция редких кактусов из жидкого азота

Высоцкая О. Н.¹, Балекин А. Ю.¹, Антипин М. И.²

¹ Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, Москва, Российская Федерация, cryo@ippras.ru

² Ботанический сад «Аптекарский огород» Московского государственного университета, Москва, Российская Федерация

Резюме. Исследовали криоустойчивость семян пяти видов редких аридных растений из семейства *Cactaceae*. Показано, что семена этих видов кактусов сохраняли жизнеспособное состояние при температуре жидкого азота. После замораживания и кратковременного сохранения в жидком азоте из семян всех пяти видов, высеванных в грунт, были получены сеянцы. Однако всхожесть семян *Aztekium ritteri* после криосохранения существенно снизилась ($\beta \geq 95\%$). Таким образом, мы полагаем, что для долговременного сохранения редких и исчезающих видов наиболее ценные образцы семян кактусов можно помещать в криобанки.

The collection of rare cacti from liquid nitrogen. Vysotskaya O. N., Balekin A. Y., Antipin M. I. **Summary.** Seed cryo resistance of five species of rare arid plants from the family *Cactaceae* was investigated. It is shown that the seed viability of these cactus species was stored at the temperature of liquid nitrogen. After freezing and short-term preservation in liquid nitrogen five species of cactus seedlings were obtained from the seeds sown in the soil. However, *Aztekium ritteri* seeds significantly decreased their germination after cryopreservation ($\beta \geq 95\%$). Thus, we believe that with the aim of long-term conservation preservation of rare and endangered species the most valuable specimens of cacti seeds can be stored in cryobanks.

Семейство кактусовых состоит из 127 родов и насчитывает около 1750 известных видов, которые включены в первый (39 видов) и второй списки СИТЕС (табл. 1). Растения из семейства *Cactaceae* часто обитают на аридных высокогорных территориях и поэтому многие кактусы можно квалифицировать как редкие эндемичные виды с очень ограниченными ареалами обитания. Именно такие виды растений нуждаются в специальных мерах защиты как *in situ* так и *ex situ* [1]. Тем более это актуально в современном мире, где из-за существенной деградации естественных экосистем многие виды растений находятся под угрозой исчезновения. По данным Фонда Охраны Дикой Природы (WWF) более 140 видов кактусов занесены в (*the IUCN Red List of Threatened Species*), причём 25 видов из них классифицированы как исчезающие (*EN*), а 27 — как виды, находящиеся под критической угрозой исчезновения (*CR*).

На территории многих стран уже для долговременного сохранения ценных образцов растительного материала редких видов растений широко применяют метод криосохранения [2, 3]. Семена таких аридных растений, как кактусы, после подсушивания, как правило, сохраняют свою всхожесть [4]. Именно поэтому их образцы можно сохранять при криогенных температурах длительное время без существенного снижения жизнеспособности [5]. Такой растительный материал, сохраняемый в криобанках, в будущем может быть востребован не только для хозяйственного использования, реинтродукции, но и для изучения фундаментальных вопросов эволюционного развития различных видов растений, а также их физиологии и генетики [6].

Семена пяти видов кактусов (табл. 1) в криоампулах были заморожены и сохранены в жидком азоте в течение 22 суток. После кратковременного криосохранения образцы семян проращивали на поверхности специальной почвенной смеси (кварцевый песок/листовой грунт) при температуре 22–27°C, 12 часовом дне и освещённости 8–10 клк (светодиодная панель: 2700–6500 К).

Таблица 1

Краткая характеристика видов из семейства *Cactaceae*

Вид	Место произрастания	Приложение СИТЕС	IUCN Red List of Threatened Species
<i>Aztekium ritteri</i> (Boed.) Boed. ex A. Berger	Мексика, эндемик штата Нуево Леон	I	LC
<i>Frailea atilarensis</i> (Speg.) Speg.	Южная Америка	II	-
<i>Frailea pulcherrima</i> (Speg.) Britton & Rose	Южная Америка	II	-
<i>Melocactus matanzanus</i> Leon	Куба, провинция «Matanzas»	II	CR
<i>Rebutia senilis</i> Backeb	Эндемик Аргентины	II	LC

Жизнеспособность семян в образцах до и после криогенного хранения оценивали в долях (% всхожести) от их суммарного количества. Наблюдения за формированием сеянцев и учёт всхожести проводили в течение 52 дней культивирования.

Статистическую обработку полученных данных выполняли методом оценки выборочных долей с применением критерия Фишера [7].

Опубликованные в научной литературе данные свидетельствуют о том, что семена многих видов кактусов способны оставаться жизнеспособными после криогенного хранения в течение разных периодов времени [3, 5]. Однако также опубликована информация о том, что после криосохранения всхожесть семян некоторых видов кактусов существенно снижается. Это явление может быть вызвано не только контаминацией семенных образцов, но и повышенной влажностью растительного материала, выбранного для замораживания [3]. Первая причина может приводить к снижению всхожести семян как до, так и после воздействия жидкого азота. А вот вторая приводит к снижению жизнеспособности растительного материала именно после криосохранения.

С целью определения возможности долговременного сохранения в криобанке ИФР РАН семян пяти видов редких кактусов (табл. 1), культивируемых в оранжереях «Аптекарского огорода» МГУ, мы заморозили в жидком азоте несколько образцов этого растительного материала. После кратковременного криосохранения семена пяти видов кактусов были высеяны для проращивания на поверхности специального грунта. Мы не использовали технологию культивирования растительного материала *in vitro* в данном эксперименте для того, чтобы точнее оценить качество семенного материала, его устойчивость не только к замораживанию в жидком азоте, но и способность формировать сеянцы вне стерильных условий после криогенного стресса.

Наблюдения за процессом прорастания кактусов показали, что после криосохранения снизилась всхожесть семян *Aztekium ritteri* (Boed.) Boed. ex A. Berger и *Frailea atilarensis* (Speg.) Speg. Статистическая обработка полученных данных показала, что существенное изменение всхожести имело место только у семян ацтекиума Риттера ($\beta \geq 95\%$). Незначительную стимуляцию прорастания семян наблюдали у *Frailea pulcherrima* (Speg.) Britton & Rose и *Rebutia senilis* Backeb, тогда как всхожесть семян *Melocactus matanzanus* Leon не изменилась в результате криогенного замораживания (табл. 2).

Сеянцы кактусов, полученные из семян, которые не замораживали, и сеянцы из криосохранённых семян не имели существенных отличий у *Frailea pulcherrima* (Speg.) Britton & Rose (рис. 1, 2).

Однако сеянцы ацтекиума Риттера после криосохранения развивались медленнее, выглядели мельче, чем сеянцы, сформированные из тех семян, которые не были заморожены в жидком азоте (рис. 3, 4).

Таблица 2

Жизнеспособность семян растений из семейства *Cactaceae* до и после криосохранения

ВИД	Без замораживания			После замораживания в жидком азоте		
	семян, шт	сеянцев, шт	всхожесть, %	семян, шт	сеянцев, шт	всхожесть, %
<i>Aztekium ritteri</i> (Boed.) Boed. ex A. Berger	32	18	56	26	6	23
<i>Frailea atilarensis</i> (Speg.) Speg.	46	37	80	17	11	65
<i>Frailea pulcherrima</i> (Speg.) Britton & Rose	32	20	63	16	13	81
<i>Melocactus matanzanus</i> Leon	60	21	35	17	6	35
<i>Rebutia senilis</i> Backeb	109	31	28	26	8	31

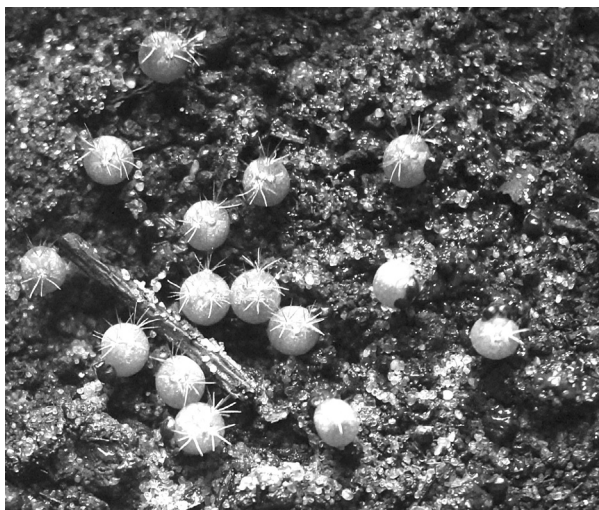


Рис. 1. Сеянцы *Frailea pulcherrima* (Speg.) Britton & Rose до криосохранения (52 дня культивирования)



Рис. 2. Сеянцы *Frailea pulcherrima* (Speg.) Britton & Rose после криосохранения (52 дня культивирования)

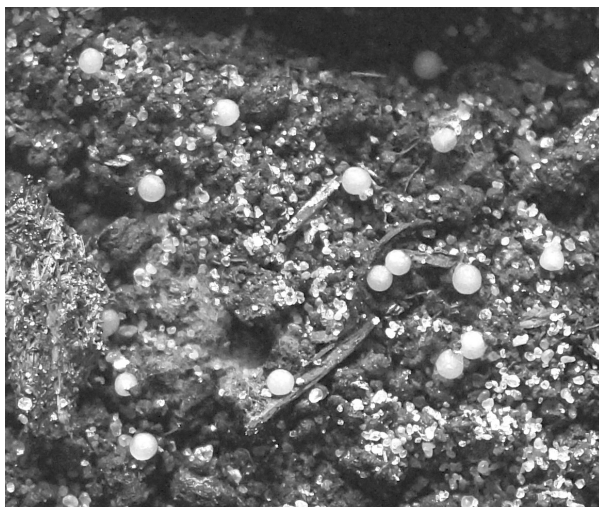


Рис. 3. Сеянцы *Aztekium ritteri* (Boed.) Boed. ex A. Berger до криосохранения (52 дня культивирования)



Рис. 4. Сеянцы *Aztekium ritteri* (Boed.) Boed. ex A. Berger после криосохранения (52 дня культивирования)

Таким образом, без использования метода культивирования растительного материала *in vitro* сеянцы были получены как из лучшего образца семян кактусов, так и из образца семян с проблемной жизнеспособностью (посткриогенная всхожесть менее 30%). Мы полагаем, что семена ацтекиума Риттера рациональнее проращивать с использованием технологии *in vitro* [1].

Полученные нами данные показали, что образцы семян пяти видов кактусов могут быть помещены в Криобанк ИФР РАН для долговременного сохранения. Однако желательно было бы определить влажность семян из образца *Aztekium ritteri* (Boed.) Boed. ex A. Berger и наличие контаминации семян из образцов *Melocactus matanzanus* Leon и *Rebutia senilis* Backeb для того, чтобы точнее оценить перспективы долговременного сохранения их жизнеспособности в жидком азоте и метод получения сеянцев после криосохранения.

Список литературы

1. Rodriguez-Garay B., Rublio A. *In vitro* morphogenetic responses of the endangered cactus *Aztekium ritteri* (Boedeker)//Cactus and Succulent Society of America, 1992, 64, P. 116–120.
2. Li De-Zhu, Pritchard H. W. The science and economics of *ex situ* plant conservation//Trends in Plant Science, 2009, 14, No. 11, P. 614–621. doi: 10.1016/j.tplants. 2009.09.005
3. Maria Nazaré Guimarães Marchi, Laila Mandel Civatti, Cássia Marques Viana, José Geraldo Aquino de Assis, Moema Cortizo Bellintani, José Raniere Ferreira de Santana Seed cryopreservation of the native cacti *Discocactus zehntneri*, *Pilosocereus gounellei* and *Stephanocereus luetzelburgii* from Bahia, Brazil// African Journal of Biotechnology, 2013, 12(21), P. 3250–3254.
4. Nara Lídia Mendes Alencar, Enéas Gomes-Filho, Renato Innecco *Cereus jamacaru* seed germination and initial seedling establishment as a function of light and temperature conditions//Sci. Agric., 2012, 69(1), P. 70–74.
5. Veiga-Barbosa, L., González-Benito, M.E., Assis, J.G.A. and Pérez-García, F. Germination and cryopreservation of several cactus species from NE Brazil//Seed Sci. & Technol., 2010, 38, P. 218–224.
6. Justyna Lema-Rumińska and Dariusz Kulus Micropropagation of Cacti — a Review // Haseltonia, 2014, 19, P. 46–63.
7. Плохинский Н. А. Математические методы в биологии. М.: Изд-во МГУ, 1978. 265 с.

Влияние препарата Наноплант на рост и развитие саженцев декоративных древесных интродуцентов

Гаранович И. М., Архаров А. В., Блинковский Е. Д.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь, bel.dendr@gmail.com

Резюме. Установлено, что препарат Наноплант оказывает существенное положительное влияние на рост и развитие сеянцев и саженцев декоративных древесных интродуцентов. Его использование в питомниководстве позволяет оптимизировать технологию репродукции и выращивания саженцев сирени, спиреи, хеномелеса, тиса и других растений, значительно ускоряет их рост и развитие.

Impact of Nanoplant preparation on growth and development of seedlings of ornamental woody introducents. Garanovich I. M., Arkharov A. V., Blinkovsky Ye. D. **Summary.** It has been determined that Nanoplant preparation has a considerable positive impact on growth and development of seedlings of ornamental woody introducents. Its use in plant nurseries lets improve the technology of propagation and growing of seedlings of lilac, chaenomeles, yew and other plants, increases their growth and development considerably.

В современном питомниководстве все большее внимание уделяется качеству посадочного материала, технологиям ускоренного выращивания саженцев. Технологические приемы репродукции и выращивания посадочного материала декоративных древесных растений направлены на интенсификацию процессов их роста и развития [7]. Все более активно для ускорения роста саженцев декоративных древесных растений используются различные биологически активные соединения. Преследуется и экологическая цель, как с точки зрения получения оздоровленного посадочного материала, так и с точки зрения уменьшения загрязнения окружающей среды. С экологической точки зрения как качество продукции, так и экологическую безопасность обеспечивают преимущественно органические удобрения и субстраты, а в последнее время нанопрепараты [3, 4, 8].

Общемировой всплеск интереса к нанотехнологиям — отнюдь не дань рекламе. Основой новой «элементной базы» в современной агрохимии является свойство сверхпроницаемости наночастиц через биологические мембраны [5, 6, 9].

Нерастворимые наночастицы микроэлементов не диссоциируют в воде, не имеют заряда и не воспринимаются мембраной, как инородное тело. Размер наночастиц меньше размера пор, плазмодесм мембраны (до 50 нм). Это позволяет им свободно проникать к внутриклеточным органеллам и участвовать в синтезе ферментов, необходимых для ускорения обменных процессов в растении, физиологически необходимая норма синтеза ферментов обеспечивается в сотни раз меньшей дозой в сравнении с традиционными препаратами [6].

Цель исследования — изучить влияние препарата Наноплант на рост и развитие саженцев декоративных древесных растений.

Наноплант — импортозамещающий микроэлементный нанопрепарат, не уступающий в эффективности лучшим мировым аналогам. Испытывалось микроудобрение «Наноплант — Со, Мп, Си, Fe» в виде коллоидного раствора на основе наночастиц нерастворимых соединений

микроэлементов. В наноразмерном диапазоне отмечается явление сверхпроницаемости через биологические мембраны, что позволяет наночастицам свободно проникать к внутриклеточным органеллам и обеспечивать физиологически необходимую норму синтеза ферментов в сотни раз меньшей дозой в сравнении с солевыми препаратами [1, 2].

В условиях закрытого грунта заложен опыт по изучению влияния обработки семян сирени препаратом Наноплант (1 капля на 100 мл воды). Семена перед посевом замачивали в течение 12 часов.

Полевые опыты проводились на дерново-подзолистой среднекислой (pH_{KCl} 4,5–5,6), среднегумусированной (содержание гумуса 3,2%), среднеобеспеченной элементами минерального питания (содержание P_2O_5 — 220 мг/кг, K_2O — 700 мг/кг), окультуренной супесчаной почве, развитой на рыхлых пылевато-песчаных супесях, подстилаемых песками.

Двухлетние саженцы сирени дважды за вегетационный период опрыскивали растворами Нанопланта из расчета 0,1 мл/3 л/5 м². Первая обработка проведена 28.05, вторая — 22.06.

Посев семян произведен 17.02.2016. Первые всходы появились 01.03.2016. На 28-й день от посева всхожесть составляла в контроле (сухие семена) 37%, в варианте с замачиванием семян в воде — 55%, в варианте с замачиванием семян в Нанопланте — 60%. Пикировка произведена 29.06.2016. Сеянцы в варианте с Наноплантом имели существенные преимущества (рис. 1). Высота растений составляла 9,0 см, длина корневой системы — 15,0 см. В то время, как при замачивании в воде — соответственно 7,0 и 14,0 см. В контроле (сухие семена — 6,0 и 10,0 см.). Как видим, обработка семян сирени перед посевом препаратом Наноплант путем замачивания обеспечивала значительные преимущества в развитии сеянцев.

В конце вегетационного периода сеянцы сирени, выращенные из семян, обработанных наноплантом, достигали высоты 14,0 см, что на 57,1% больше, чем из сухих семян. Сеянцы имели более длинную корневую систему. На них появился вторичный прирост — до 4 побегов длиной до 6,0 см. В варианте с замачиванием семян в воде сеянцы имели высоту 11,5 см, в контроле — 8 см.



Рис. 1. Сеянцы сирени обыкновенной на момент пикировки:
1 — сухие семена; 2 — намачивание в воде; 3 — намачивание в Нанопланте

Исследование ответной реакции сирени на применение Нанопланта показало, что обработка семян препаратом существенно активизировала ростовые процессы. Это подтверждалось достоверным увеличением количества новообразованных побегов и размеров их текущего прироста, по сравнению с контрольным вариантом опыта.

На следующем этапе эксперимента двухлетние сеянцы сирени обыкновенной опрыскивались раствором Нанопланта. Опрыскивание 2-летних сеянцев сирени в открытом грунте также показало значительную активность препарата. Высота растений была на 57% больше, длина корней на 68,5% больше, чем в контроле (табл. 1).

Таблица 1

Влияние Нанопланта на рост саженцев сирени

Вариант	Высота надземной части растения, см	Длина корневых систем, см.	Примечание
Контроль	20,0±3,1	24,0±2,8	Вторичный прирост единичный до 5,0 см
Наноплант	35,0±3,5	33,0±3,2	Ветвление куста (3 побега), вторичный прирост до 5,0 см

Опыт был расширен на других таксонах. Посев произведен 20.04.2016 г. Так из семян, замоченных в растворе Нанопланта, в условиях открытого грунта однолетние сеянцы хеномелеса, птелеи и бархата амурского имели существенные преимущества по высоте и длине корневых систем (табл. 2; рис. 2). Особенно хорошо реагировали растения бархата амурского (растения были выше в 2,8 раза). Следует указать, что в период активного роста было проведено и опрыскивание сеянцев раствором Нанопланта (28.07).

Таблица 2

Влияние Нанопланта на рост и развитие сеянцев декоративных древесных растений

	Высота надземной части растения, см	Длина корневых систем, см
Хеномелес Мауля		
Опыт	21,5 (до 25,0)±3,1	17,5 (до 20,0) ±2,0
Контроль	18,0 (до 20,0) ±2,8	11,0 (до 12,0) ±1,1
Сухие	12,0±1,7	10,0±0,9
Птелея трехлистая		
Опыт	10,0±0,8	15,0±1,7
Контроль	10,0±0,9	13,0±1,5
Сухие	6,0±0,3	12,0±1,3
Бархат амурский		
Опыт	28,0±3,7	13,5±1,6
Контроль	14,0±1,8	9,0±0,7
Сухие	10,0±0,7	6,0±0,3

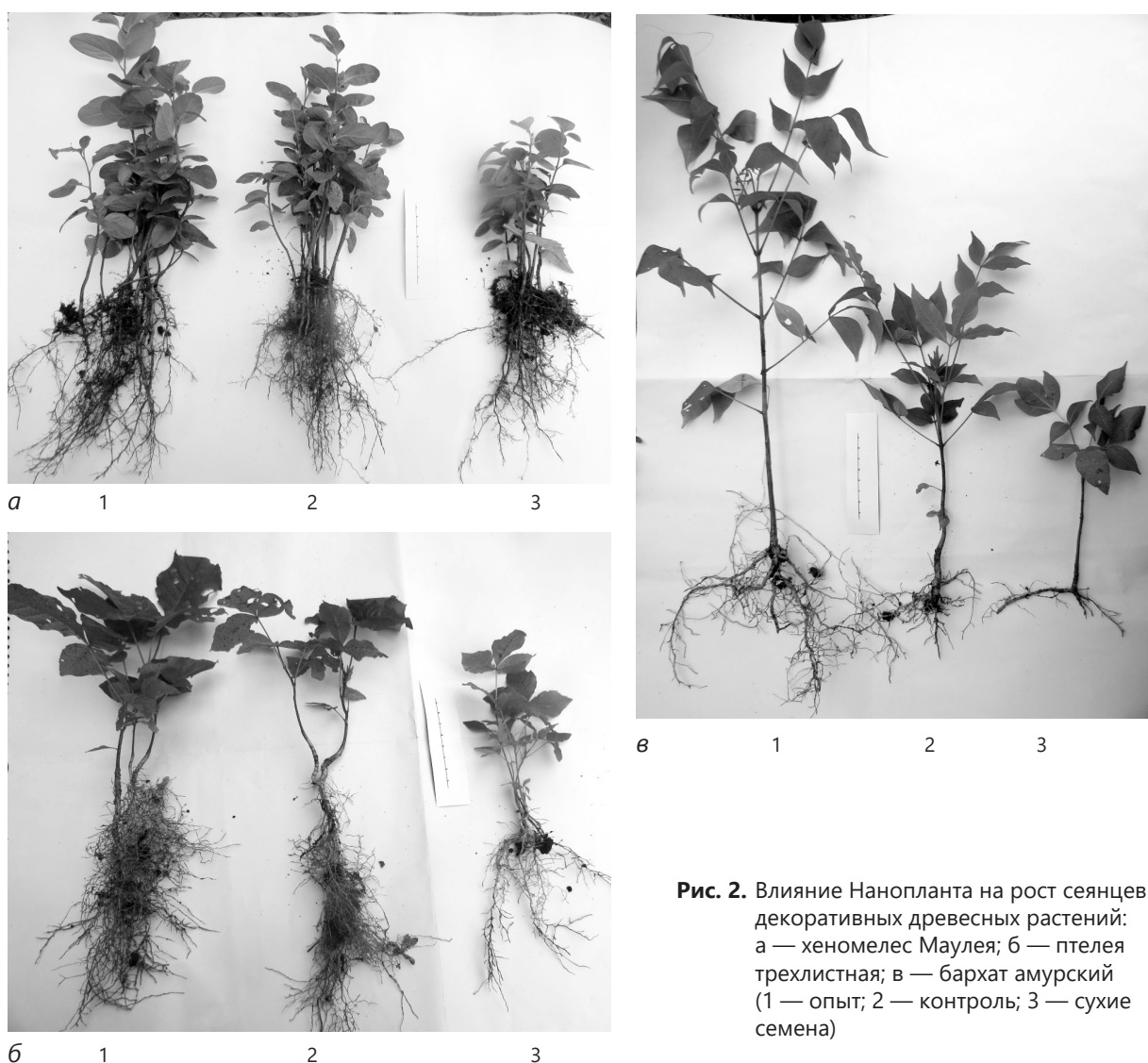


Рис. 2. Влияние Нанопланта на рост сеянцев декоративных древесных растений: а — хеномелес Маулея; б — птелея трехлистая; в — бархат амурский (1 — опыт; 2 — контроль; 3 — сухие семена)

Был поставлен опыт в условиях закрытого грунта. Посевы сухих семян трижды поливались раствором Нанопланта: в момент появления всходов и дважды через 15 дней в последующем. Показано существенное увеличение всхожести семян спиреи японской (75,2%, контроль — 43,8%) и высоты сеянцев (8,5%, контроль — 4,5%). Длина корневой системы достигала 10,0 см (в контроле — 7,0 см) (рис. 3). У сумаха оленерогого эффективность незначительная, хотя у растений более сильное вторичное ветвление корней и более здоровый вид.

Кроме того, был осуществлен полив раствором Нанопланта 2-летних саженцев тиса ягодного в контейнерной культуре. Опытные растения имели существенные преимущества по высоте (22,0 см) и длине корневых систем (18,0 см). В контроле — 17,0 см и 14,0 см соответственно.

Установлено, что препарат Наноплант оказывает существенное положительное влияние на рост и развитие сеянцев и саженцев сирени обыкновенной, других декоративных древесных растений. Его использование в питомниководстве оптимизирует технологию репродукции и выращивания саженцев, значительно ускоряет их рост и развитие.

Полученные данные убедительно показывают перспективность использования препарата Наноплант для ускорения роста и развития сеянцев и саженцев декоративных древесных растений путем обработки (намачивания) семян и опрыскивания растений.

Применение комплекса высокоэффективных нанопрепаратов в растениеводстве обеспечивает существенное повышение эффективности производства растительной продукции высокого качества в регулируемых и полевых условиях.



Рис. 3. Влияние Нанопланта на рост сеянцев спиреи японской (1 — опыт; 2 — контроль)

Список литературы

1. Азизбекян, С. Г. Наноплант — новое отечественное микроудобрение / С. Г. Азизбекян, В. И. Домаш, М. П. Кучинский // Наше хозяйство. — 2015. — № 5. — С. 2–6.
2. Азизбекян, С. Г. «Наноплант» — белорусский «эликсир урожайности» / С. Азизбекян, В. Домаш, И. Бруй // Белорусское сельское хозяйство. — 2015. — № 3(155). — С. 58–59.
3. Полищук, С. Д. Биологически активные препараты на основе наноразмерных частиц металлов в сельскохозяйственном производстве / С. Д. Полищук, А. А. Назарова, И. А. Степанова, М. В. Куцкир, Д. Г. Чурилов // Нанотехника. — 2014. — № 1(37). — С. 72–81.
4. Фолманис, Г. Е. Наноразмерные биологически активные материалы / Г. Е. Фолманис, Л. В. Коваленко // Нанотехнологии: наука и производство. — 2009. — № 2(3). — С. 58–59.
5. Егоров, Н. П. Перспективы использования нанотехнологий в земледелии и растениеводстве / Н. П. Егоров, О. Д. Шафронов, Д. Н. Егоров // Актуальные проблемы земледелия Нижегородской области: Мат. науч.-практич. конф. 30.10 2007 г. — Н. Новгород. — 2008. — С. 34–44.
6. Каплуненко, В. Г. Нанотехнологии в сельском хозяйстве / В. Г. Каплуненко, Н. В. Косинов, А. Н. Бовсуновский // Зерно. — 2008. — № 4(25). — С. 47–54.
7. Володько, И. К. Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды. — Минск: Наука и техника. — 1983. — 192 с.
8. Панова, Г. Г. Водорастворимые производные фуллеренов и кремнезольные наноконпозиции как перспективные наноматериалы для использования в растениеводстве / Г. Г. Панова // Агрофизика. — 2015. — № 4. — С. 37–48.
9. Скрябин, В. А. Висмутовые нанопрепараты для обеззараживания семян яровой пшеницы / В. А. Скрябин, В. П. Сухарева, А. П. Чиркин // Аграрный вестник Юго-Востока. — 2014. — № 1–2. — С. 69–72.

Летучие компоненты, выделяемые в воздушную среду листьями оранжерейных растений *Myrtus communis* и *Psidium cattleianum* (Myrtaceae Adans.)

Гетко Н. В., Поболовец Т. А., Субоч В. П.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Резюме. Исследован компонентный состав летучих соединений листьев у двух представителей семейства *Myrtaceae* Adans.: у сорта мирта обыкновенного — *M. communis* L. cv. Boetica и у псидиума Кеттли — *Psidium cattleianum* (Afzel. ex Sabine) Kuntze, выращиваемых в оранжерее ЦБС НАН Беларуси. Установлено, что аромат листьев сорта *M. communis* L. cv. Boetica в значительной степени определяют: терпеновый углеводород лимонен (*D-Limonene*) с ароматом цитрусов и циклический монотерпен фелландрен (*b-Phelandrene*) с ароматом петрушки, составляющих доли в объеме летучих компонентов 53 и 18% соответственно. Свыше 85% субстанций, определяющих аромат листьев псидиума, это — углеводороды, относящиеся к классу изопреноидов, 75% из которых представлены углеводородами сесквитерпенового ряда: бета-кариофиллен (β -*Caryophyllene*) — 47%, δ -кадинен (δ -*Cadynene*) — 7,25%, α -, и γ -мууролен (α -, γ — *Muurolene*) — в сумме около 7,0% и α -кубебен (α -*Cubebene*) — 4,63%.

Ключевые слова: *Myrtaceae* Adans., летучие компоненты листьев, терпеновые углеводороды, лимонен, мирцен, изопреноиды, фелландрен, кариофиллен, кадинен, кубебен, мууролен.

Volatile substances released into the air environment by the leaves of the greenhous plants *Myrtus communis* and *Psidium cattleianum* (Myrtaceae Adans.). Hetka N. V., Pobolovets T. A., Subach V. P. **Summary.** The component composition of leaf volatile substances in two representatives of the *Myrtaceae* Adans family was studied: in the common myrtle variety — *M. communis* L. cv. Boetica and in Cattley guava — *Psidium cattleianum* (Afzel. Ex Sabine) Kuntze, grown in the greenhouse of the Central Botanical Garden of the NAS of Belarus. It has been established that the aroma of leaves of *M. communis* L. cv. Boetica is largely determined by terpenic hydrocarbon limonene (*D-Limonene*) with citrus aroma and cyclic monoterpene fellandrene (*b-Phelandrene*) with a parsley flavor constituting fractions in volatile components of 53% and 18%, respectively. More than 85% of the substances determining the aroma of *Psidium* leaves are hydrocarbons belonging to the class of isoprenoids, 75% of which are sesquiterpene hydrocarbons: beta-caryophyllene (β -*Caryophyllene*) — 47%, δ -cadinene (δ -*Cadynene*) — 7,25%, α -, and γ -mourolen (α -, γ — *Muurolene*) — in the total of about 7,0% and α -cubebene (α -*Cubebene*) — 4.63%.

Key words: *Myrtaceae* Adans., volatile substances, terpenic hydrocarbons limonene, fellandrene, isoprenoids, caryophyllene, cadinene, muurolene, cubebene.

Введение

Миртовые (*Myrtaceae* Adans.) — одно из самых крупных семейств в порядке Миртоцветные (*Myrtales* Juss. ex Bercht. & J. Presl). Оно включает около 140 родов и, вероятно, не менее 3000 видов, обитающих главным образом в тропических странах и особенно многочисленных в Австралии и тропической Америке. Широкой известностью пользуется мирт (*Myrtus communis* L.),

по имени которого названо семейство и подсемейство — Миртовые (*Myrtoideae* Sweet.). Из всех представителей семейства он дальше всех продвинул на север, достигая Азорских островов, Европы и Западной Азии, а в южном полушарии — метросидерос зонтичный (*Metrosideros umbellata* Cav.), достигающий острова Кэмпбелл.

В современном более узком его понимании род мирт (*Myrtus* L.) включает не более 10 видов, один из которых встречается на Азорских островах, в Европе, Северной Африке и Западной Азии, другой — в Африке, а остальные — в Вест-Индии и Флориде. Однако, по мнению известного американского ботаника Р. Мак Во (1968), вест-индские виды стоят ближе к некоторым американским родам, чем к мирту обыкновенному, и поэтому данный род сведется в конечном итоге к двум афро-евроазиатским видам. Уже в современных публикациях этот род представлен только двумя видами: *Myrtus communis* L., произрастающий в Средиземноморье, и который является одним из характерных элементов средиземноморского маквиса, и *Myrtus nivellei* Bat. & Trab., обнаруженный в Центральной Сахаре (сахарский мирт) [1]. И только в Алжире естественно произрастают оба вида.

Мирт обыкновенный культивируется как декоративное растение около 400 лет, и с древнейших времен — ради эфирных масел, содержащихся в листьях и других частях растения [2]. Зеленые и сухие плоды используются как приправа в кулинарии. Это вечнозеленый кустарник, с кожистыми и блестящими листьями и ароматными белыми или розовыми цветками. Обладает удивительно приятным ароматом. Плод — ягода, увенчанная остающимися на ней чашелистиками.

К мирту, особенно к вест-индским видам, близок большой род псидиум (*Psidium* L.), насчитывающий около 100 видов в Вест-Индии и в тропической Южной Америке. Вечнозеленые деревья или кустарники обычно с крупными белыми цветками с многочисленными тычинками и крупными шарообразными или грушевидными плодами-ягодами. Некоторые виды псидиума выращиваются как плодовые деревья. Наиболее известна среди них гуава, или «гуайава» (*Psidium guajava* L.), культивируемая в тропических и субтропических странах из-за богатых витаминами ароматных, кисло-сладких, сочных плодов, обладающих высокими пищевыми качествами [3].

В данной статье исследуемые виды, рекомендуемые нами в качестве комнатных и интерьерных растений, рассматриваются как источники летучих веществ, выделяемых их листьями в воздушную среду помещений.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования использованы образцы, выращиваемые в ГНУ «ЦБС НАН Беларуси»:

Myrtus communis L. cv. Boetica — мирт обыкновенный, сорт Boetica. Высоко декоративный сорт, с темно-зелеными листьями, почти без черешков и расположенными в мутовках. Характеризуется средней скоростью роста. Рекомендуется для зимних садов, для озеленения бытовых и служебных интерьеров.

Psidium cattleianum (Afzel. ex Sabine) Kuntze — псидиум Кеттли, гуава Кеттли, земляничная гуава. Родина — Восточная Бразилия. Вечнозелёное медленно растущее дерево высотой 2–4 м с темно-зелёными глянцевыми кожистыми листьями 4–12 см длиной и 2–6 см шириной. Плод круглый, 2,5–4 см в диаметре, с тонкой кожицей пурпурно-красного цвета. Плоды съедобны, мякоть сочная, с земляничным ароматом. Рекомендуется как комнатное и интерьерное растение в ассортименте для зимних садов.

Для анализа легко летучих компонентов листьев был привлечен метод, разработанный в Лаборатории хроматографических исследований Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания Научно-практического центра по продовольствию НАН Беларуси и используемый для изучения состава ароматизаторов в продуктах питания. Он основан на извлечении легколетучих соединений из паровоздушного пространства над поверхностью размещенных в 40 мл флаконе с завинчивающейся крышкой с резиновой мембраной мелкоизмельченных, воздушно-сухих образцов листьев, нагретых предварительно до 40°C в термостате.

Экстракцию летучих компонентов осуществляли с помощью твердофазного микроэкстрактора фирмы Supelco™. Летучие компоненты, содержащиеся в воздушном пространстве над образцом, накапливаются до необходимой концентрации на адсорбенте экстрактора. Анализ компонентного состава осуществляли методом GC/MS с использованием системы «Agilent Technologies 6850 Series II» (Network GC System /5975B (VL MSD)). Последующее разделение компонентов производили на капиллярной колонке HP-5MS длиной 30 м с внутренним диаметром 0,25 мм и толщиной пленки неподвижной фазы 0,25 мкм [4, 5].

Идентификацию каждого из компонентов осуществляли методом сравнения экспериментальных масс-спектров со спектрами базы данных и оценивали относительное содержание по площади их пиков на хроматограмме. Учитывали только те компоненты, содержание которых в пробах составляет более 1%, а степени совпадения экспериментальных масс-спектров с библиотечными были в пределах 95–99%.

Результаты исследований и их обсуждение

В листьях *Myrtus communis* L. cv. *Voetica* выявлено 16 основных летучих компонентов листьев, составляющих в сумме около 90% от их общего объема. Как видно из результатов анализа (табл. 1, рис. 1), они представлены в большинстве циклическими монотерпенами легких фракций и их кислородными производными (в целом около 80%). В наибольшем объеме (53%) из углеводородов, определяющих аромат листьев мирта, присутствует лимонен (*D-Limonene*), терпеновый углеводород (C₁₀H₁₆) с ароматом цитрусов. Аромат листьев данного сорта мирта в значительной степени дополняет также и циклический монотерпен (C₁₀H₁₄) — фелландрен (*b-Phelandrene*) с запахом петрушки, на долю которого приходится около 18% объема летучих компонентов листьев.

Таблица 1

Летучие компоненты эфирных масел листьев *Myrtus communis* L. cv. *Voetica*

№ п/п	Время удерживания, мин	Наименование соединений	Количество, %
1	4.555	<i>2-Hexenal</i>	3,32
2	6.432	<i>Isobutyl isobutyrate</i>	4,01
3	6.872	<i>1R-.alpha.-Pinene</i>	6,28
4	8.302	<i>.beta.-Myrcene</i>	1,44
5	8.531	<i>Isobutyl 2-methylbutanoate</i>	1,73
6	8.875	<i>3-Methylbutyl 2-methylpropanoate</i>	2,12
7	9.230	<i>Limonene</i>	53,00
8	9.466	<i>(Z)-β-Ocimene</i>	0,95
9	10.423	<i>beta-Myrcene</i>	1,14
10	10.483	<i>Methyl butyrate</i>	1,43
11	12.127	<i>Estragole</i>	1,37
12	12.933	<i>beta-Myrcene</i>	1,59
13	14.130	<i>1,3,8-p-Menthatriene (b-Phelandrene)</i>	17,66
14	14.773	<i>Geranyl acetate</i>	1,08
15	15.460	<i>B-Caryophyllene</i>	0,86
16	15.922	<i>alpha-Caryophyllene</i>	0,72
Итого			89,60

В листьях псидиума — *Psidium cattleianum* выявлено 18 основных летучих компонентов эфирных масел листьев, составляющих в сумме 98% от общего их объема (табл. 2, рис. 2), и свыше 85% субстанций, определяющих аромат листьев псидиума, это — углеводороды, относящиеся к классу изопреноидов. Они представлены монотерпенами (10% объема) с общей формулой $C_{10}H_{16}$ и углеводородами сесквитерпенового ряда (более 75% объема) с брутто-формулой $C_{15}H_{24}$. Среди монотерпенов преобладают бета-мирцен — 5,96%, а среди сесквитерпенов — бета-кариофиллен — терпеновый углеводород, доля которого в общем объеме летучих субстанций данного растения составляет почти 47%, δ -кадинен — 7,25% и α -кубебен — 4,63%, а также мууролены (α -, γ -) — в сумме их около 7,0%.

Мирцен (β -*Myrcene*) — природный ациклический монотерпен, который присутствует в значительных объемах в эфирных маслах, определяющих ароматы хмеля (до 50%), укропа, кориандра, багульника [6].

Транс- β -кариофиллен, (β -*Caryophyllene*) — наиболее часто встречающаяся форма кариофиллена или просто, кариофиллен. Сесквитерпеновый углеводород, обнаруженный в эфирных маслах бутонов и стеблей гвоздики, бальзама копайского, цейлонской корицы, западно-индийского сандалового дерева, котовника (14%), а также лаванды, чабреца, перца, пименты.

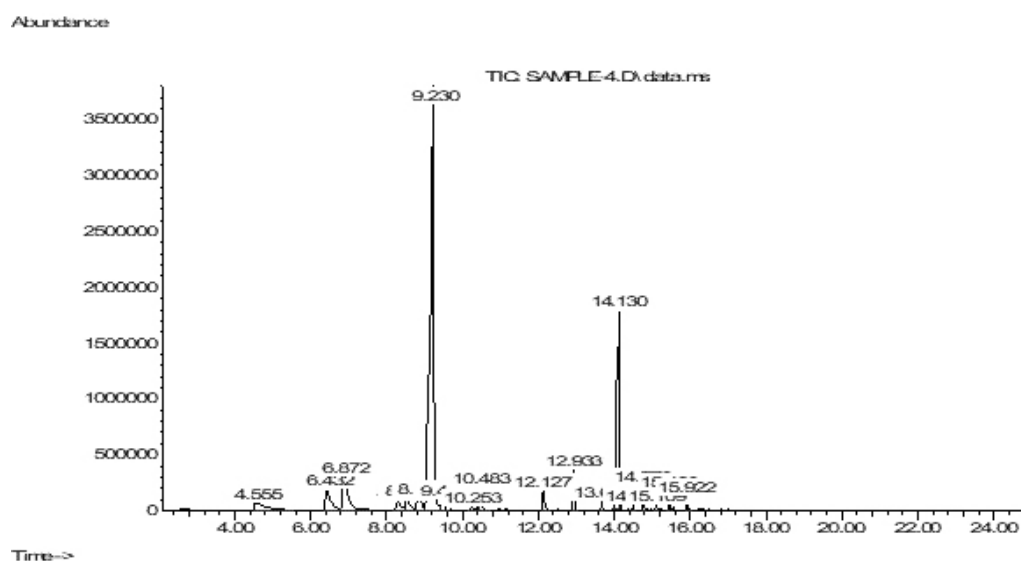


Рис. 1. Хроматограмма масс-спектров летучих компонентов листьев *Myrtus communis* L. cv. Boetica

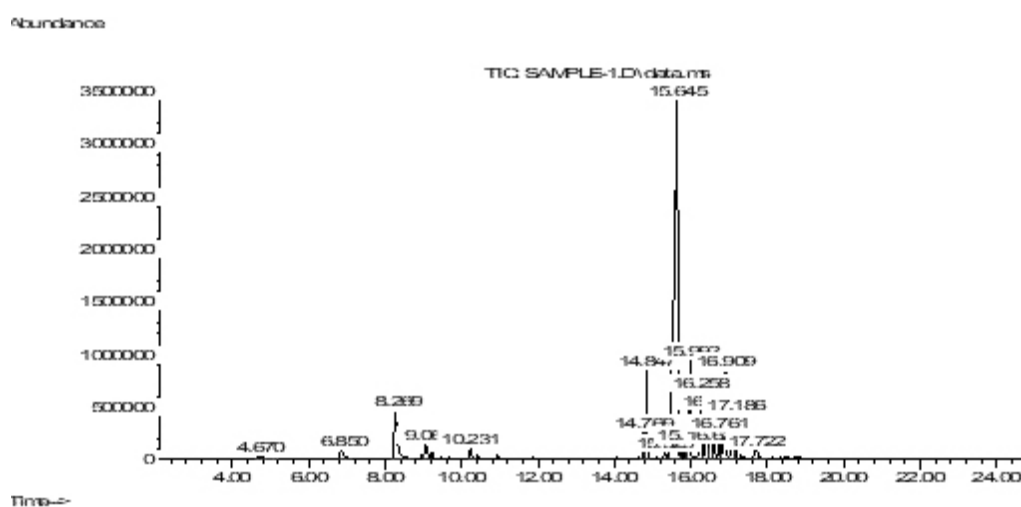


Рис. 2. Хроматограмма масс-спектров летучих компонентов листьев *Psidium cattleianum* (Afzel. ex Sabine) Kuntze

Таблица 2

Летучие компоненты эфирных масел листьев *Psidium cattleianum* (Afzel. ex Sabine) Kuntze

№ п/п	Время удерживания, мин	Наименование соединений	Количество, %
1	6.850	<i>alpha-Pinene</i>	1,43
2	8.269	<i>beta-Myrcene</i>	5,96
3	9.060	<i>Limonene</i>	1,55
4	10.231	<i>Carene</i>	0,91
5	14.769	<i>Ylangene</i>	1,55
6	14.847	<i>alpha-Cubebene</i>	4,63
7	15.323	<i>Isocaryophyllene</i>	0,68
8	15.645	<i>Caryophyllene</i>	46,82
9	15.992	<i>alpha-Caryophyllene</i>	5,84
10	16.258	<i>γ-Muurolene</i>	5,06
11	16.424	<i>,β-Selinene</i>	3,20
12	16.539	<i>epi.-alpha.-Selinene</i>	3,38
13	16.620	<i>- l-b-Bisabolene</i>	0,89
14	16.761	<i>α-Muurolene</i>	1,60
15	16.909	<i>δ-Cadinene</i>	7,25
16	17.093	<i>Valencene</i>	3,17
17	17.186	<i>Selinadiene</i>	2,91
18	17.722	<i>Caryophyllene oxide</i>	1,28
Итого			98,11

δ-Кадинен (*δ-Cadynene*) — общее название для пяти изомерных углеводородов $C_{15}H_{24}$, относящихся к терпенам сесквитерпенового ряда. Получил своё название от растения, в состав эфирного масла которого он входит — можжевельник колючий (*Cade juniper* — *Juniperus oxycedrus* L.).

α-Кубебен (*α-Cubebene*) — углеводород сесквитерпенового ряда, редко встречающийся компонент эфирных масел, которым богато эфирное масло черного перца (*Piper nigrum* L.). Это лиана, родина которой юг Индии, культивируется в тропических странах (Бразилия и др.). Эфирное масло из плодов разной степени спелости производят на Суматре, в Сингапуре, Индии и на Мадагаскаре.

Мууролены (*α-, γ — Muurolene*) — бициклические сесквитерпены кадинанового типа, которые входят в состав эфирного масла живицы кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel.).

Выводы

Исследован компонентный состав летучих соединений листьев у двух представителей семейства *Myrtaceae* Adans.: у сорта мирта обыкновенного — *M. communis* L. cv. Voetica и у псидиума Кеттли — *Psidium cattleianum* (Afzel. ex Sabine) Kuntze, выращиваемых в оранжерее ЦБС НАН Беларуси. Установлено, что аромат листьев сорта *M. communis* L. cv. Voetica в значительной степени определяют: терпеновый углеводород лимонен (*D-Limonene*) с ароматом цитрусов и циклический монотерпен фелландрен (*b-Phelandrene*) с ароматом петрушки, составляющие доли в объеме летучих компонентов 53 и 18% соответственно. Свыше 85% субстанций, определяющих аромат листьев псидиума, это углеводороды, относящиеся к классу изопреноидов, 75% из которых представлены углеводородами сесквитерпенового ряда: бета-кариофиллен (*β-Caryophyllene*) — 47%, δ-кадинен (*δ-Cadynene*) — 7,25%, α-, γ-мууролен (*α-, γ — Muurolene*) — в сумме около 7,0%, и α-кубебен (*α-Cubebene*) — 4,63%.

Список литературы

1. Bouzabata, A. The Genus *Myrtus* L. in Algeria: Composition and Biological Aspects of Essential Oils from *M. communis* and *M. nivellei*: A Review. / A. Bouzabata, J. Cassanova, A. Bighelli, C. Cavaleiro, L. Salgueiro, F. Tomi. // *Chem Biodivers.* — 2016. — Vol. 13, n. 6. — P. 672–680.
2. Что такое мирт обыкновенный? [электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://mirt.etov.com.ua/articles/2226-что-такое-мирт.html>. — Дата доступа: 11.04.2017.
3. Rufino, M. do S. M. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. / M. do S. M. Rufino, R. E. Alves, E.S. de Brito, J. Pérez-Jiménes, F. Saura-Calixto, J. Mancini-Filho // *Food Chemistry.* — 2010. — Vol. 121, n. 4. — P. 996–1002.
4. Почицкая, И. М. Идентификация компонентного состава пищевых ароматизаторов / И. М. Почицкая, В. П. Субоч, В. Л. Рослик // *Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы VIII Междунар. науч.-практ. Конф. (8–9 окт. 2009 г.)*. — Минск, 2009. — С. 290.
5. Hetka N., Subach V., Rogovoy P. Comparative studies in leaf volatile compounds of three *Cinnamomum* species cultivated in greenhouses of Belarus / N. Hetka, V. Subach, P. Rogovoy // *Book of abstracts of 11 th Symp. on the Flora of Southeastern Serbia and Neighboring Regions.* — Vlasina, 2013, — P. 103–104.
6. Племенков В. В. *Химия природных соединений.* — Казань, 2001. — 376 с. — С. 137–158.

Особенности накопления фенольных соединений и изменения активности полифенолоксидазы у некоторых сортов *Olea europaea*

Гребенникова О. А., Палий А. Е., Палий И. Н.

Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН, 298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, oksanagrebennikova@yandex.ru

Резюме. Изучены динамика накопления фенольных соединений, флавонолов и изменение активности полифенолоксидазы, происходящих в вегетативных органах некоторых сортов маслины европейской при воздействии низких положительных и отрицательных температур в климатических условиях Южного берега Крыма. Установлена зависимость между накоплением флавонолов и степенью морозостойкости изученных сортов маслины.

Peculiarities of phenolic compounds accumulation and change of polyphenol oxidase activity in some *Olea europaea* L. cultivars. Grebennikova O. A., Paliy A. E., Paliy I. N. **Summary.** Dynamics of phenolic compounds accumulation, flavonols accumulation and change of polyphenol oxidase activity occurring in the vegetative organs of some European olive cultivars under the influence of low positive and negative temperatures in the climatic conditions of the Crimea Southern Coast have been studied. The dependence between the accumulation of flavonols and the degree of olives cultivars frost resistance is established.

Маслина европейская (*Olea europaea* L.) — одно из древнейших культурных растений на Земле. Вид относится к семейству маслиновых (*Oleaceae* Lindl) и происходит из Средиземноморья. Маслина неприхотлива в культуре: засухоустойчива, к почвам не требовательна, редко поражается болезнями и вредителями. Однако, ее культивирование ограничено из-за низкой устойчивости к отрицательным температурам. Температуры ниже $-12... -15^{\circ}\text{C}$ являются критическими для растений маслины [1].

Проблемой устойчивости маслины к отрицательным температурам занимались многие ученые [2–5], но исследования проводились на ограниченном числе генотипов и имеют фрагментарный характер. Недостаточно внимания уделено биохимическим процессам, протекающим при адаптации различных сортов маслины к низким положительным и отрицательным температурам.

В защитных механизмах растений важную роль играют фенольные соединения [6], что обусловлено их высокой биологической активностью и широким разнообразием функций, выполняемых ими в растительном организме, в частности — участием в процессах регуляции роста и неферментативной защиты растения от окислительной токсичности [7].

Полифенолоксидаза (КФ 1.10.3.1) является одним из ферментов, участвующих в защите растений от воздействия патогенов и абиотических стрессовых факторов. Данный фермент катализирует кислородозависимое окисление фенолов до хинонов. Продукты окисления обладают высокой реакционной способностью, они могут ковалентно модифицировать и сшивать

различные молекулы клетки и продуцировать черные или коричневые полимеры. Индукция экспрессии генов полифенолоксидазы в ответ на воздействие стрессовых факторов по мнению ряда авторов связана с устойчивостью растений к стрессу [8–10].

Поскольку ЮБК является северной границей культурного ареала *Olea europaea* L. и в связи с вышеизложенным целью данной работы являлось изучение динамики накопления фенольных соединений и изменения активности полифенолоксидазы, происходящих в вегетативных органах некоторых сортов маслины европейской при воздействии низких положительных и отрицательных температур в климатических условиях ЮБК.

Материал и методы исследования

В качестве объектов исследований служили следующие сорта *O. europaea*: морозостойкий сорт 'Никитская', среднеустойчивый — 'Асколано', слабоморозостойкие — 'Раццо', 'Кареджиоло' и подвид маслины европейской *O. europaea subsp. cuspidata* (Wall ex G. Don.) (Африканская). 'Никитская' — сорт селекции Никитского ботанического сада. 'Асколано', 'Раццо', 'Кареджиоло', *O. europaea subsp. cuspidata* — интродуценты средиземноморского происхождения. Все растения произрастали на коллекционных участках Никитского ботанического сада. Для анализа отбирали однолетние листья со средней части побегов в холодный период (с декабря 2015 г. по март 2016 г.) с интервалом 10–15 дней.

Содержание фенольных соединений определяли фотометрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу [11], флавонолов — по методике Мурри [12], полифенолоксидазы — колориметрически в присутствии пирокатехина и *n*-фенилендиамина [13]. Повторность опытов трехкратная. Для статистической обработки, полученных данных использовали программное приложение STATISTICA for Windows, Release 6.0.

Результаты и их обсуждение

Зимний период 2015–2016 гг. характеризовался глубокими сменами волн тепла и холода. Минимальная температура воздуха в третьей декаде декабря опускалась до $-7,9^{\circ}\text{C}$, а в третьей декаде января до $-7,2^{\circ}\text{C}$. По данным агрометеостанции «Никитский сад» погодные условия декабря 2015 г. и января 2016 г. слабо отличались от среднегодовой нормы и поэтому за последние десятилетия являлись достаточно типичными для ЮБК. Результаты анализа суммарного содержания фенольных соединений в тканях листьев сортов маслины с различной степенью

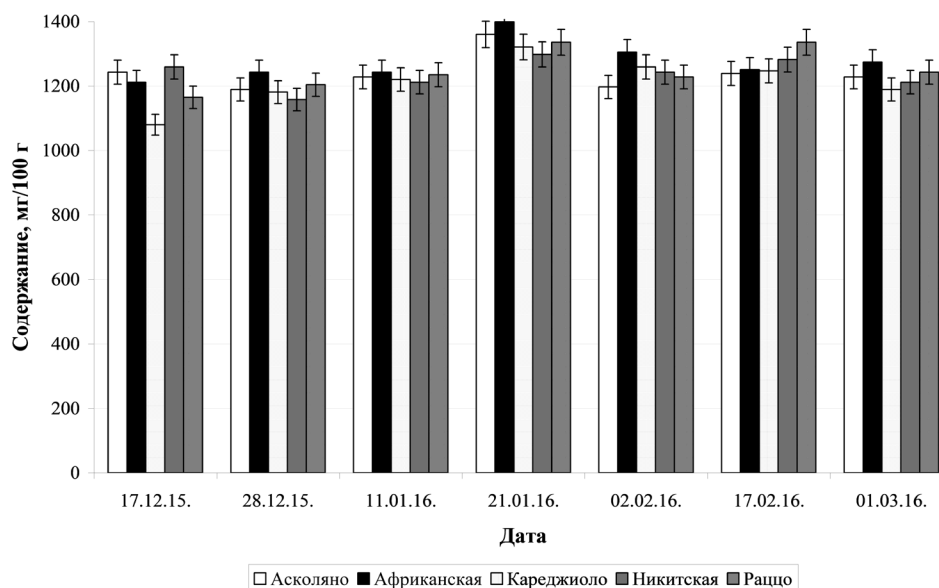


Рис. 1. Содержание фенольных соединений в вегетативных органах *O. europaea*.

устойчивости к отрицательным температурам в условиях зимы 2015–2016 гг. не выявили четкой зависимости между изменением концентрации этих веществ и степени устойчивости изучаемых сортов (рис. 1).

Существенные различия были установлены при оценке зимней динамики концентрации флавонолов (рис. 2). Показано, что до первого значительного понижения температуры воздуха до отрицательных значений максимальной концентрацией флавонолов отличались сорта Асколяно и Раццо. В конце третьей декады декабря, когда началось понижение температуры воздуха и до конца января (в течение всего морозного периода) отмечалось увеличение концентрации флавонолов, причем наиболее существенно у сортов с низкой морозостойкостью. Так, с начала морозного периода максимальной концентрацией флавонолов выделялся наименее морозостойкий подвид маслины европейской *O. europaea subsp. cuspidata*.

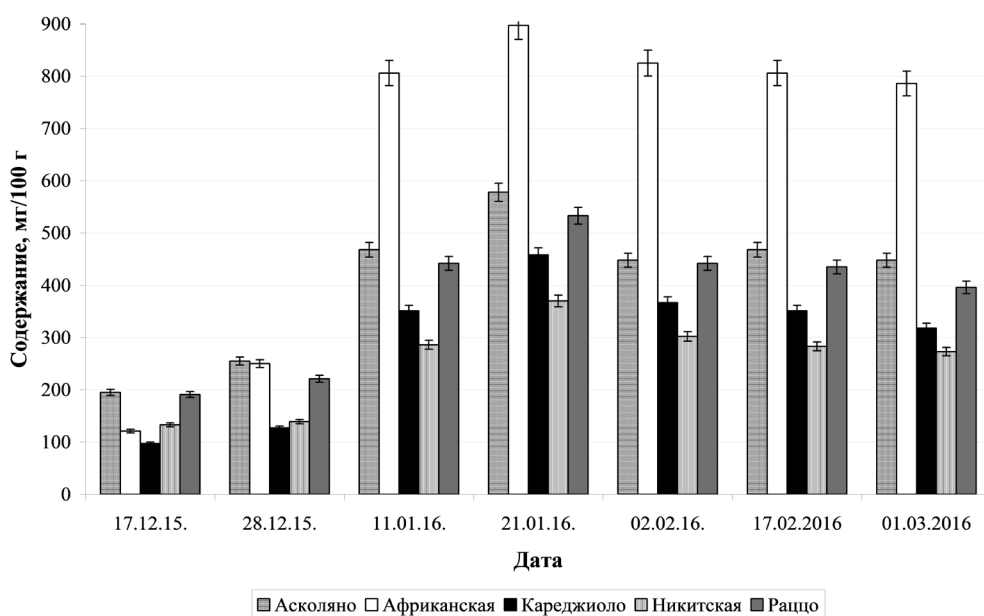


Рис. 2. Содержание флавонолов в вегетативных органах *O. europaea*

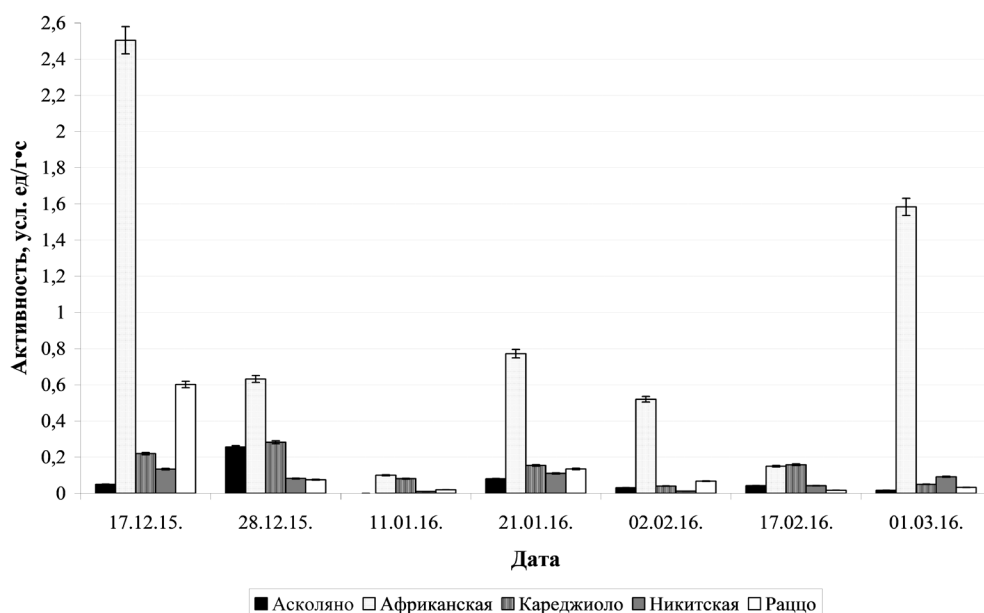


Рис. 3. Активность полифенолоксидазы в вегетативных органах *O. europaea*

Установлено, что изменение активности полифенолоксидазы в зимний период 2015–2016 гг. у всех изучаемых сортов, вне зависимости от степени их устойчивости к низким температурам происходит волнообразно (рис. 3).

Во второй декаде декабря максимальная активность полифенолоксидазы выявлена для *O. europaea subsp. cuspidata* (2,5 усл. ед/г·с). Минимальная активность полифенолоксидазы наблюдалась у сорта Асколяно (0,05 усл. ед/г·с). Морозная погода, установившаяся в последних числах декабря, привела к росту активности фермента у сортов Асколяно и Кореджиоло и снижению активности у остальных сортов. Окончание действия отрицательных температур во второй декаде января стало причиной резкого снижения ферментативной активности у всех сортов. Во время следующей волны похолодания в конце января наблюдалось повышение активности полифенолоксидазы с последующим спадом при наступлении более теплого периода. Однозначной связи активности полифенолоксидазы со степенью морозостойкости изученных образцов маслины выявлено не было.

Список литературы

1. Larcher W. Temperature stress and survival ability of Mediterranean sclerophyllous plants. *Plant Biosyst*, 2000, 134, 279–295.
2. Antognozzi E., Pilli M., Proietti P., Romani F. Analysis of some factors affecting frost resistance in olive trees. In: *Proceedings 23 rd International Horticultural Congress, Firenze*. — Italy, 1990. — P. 4280.
3. Bartolozzi F., Fontanazza G. Assessment of frost tolerance in olive (*Olea europaea* L.). *Sci. Hort*, 1999, 81, 309–319.
4. Gulen H., Cansev A., Eris A. Cold hardiness of olive (*Olea europaea* L.) cultivars in cold-acclimated and non-acclimated stages: seasonal alteration of soluble sugars and phospholipids. *J. Agric. Sci.*, 2009, 147, 459–467.
5. Roselli G., La Porta N., Morelli D. Valutazioni del germoplasma di olivo per la tolleranza a stress da freddo. *Atti Convegno Germoplasma Frutticolo, Alghero*. — Italy, 1992. — P. 107–112.
6. Mazid M., Khan T. A., Mohammad F. Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants. *Biology and Medicine*, 2011, 3, 232–249.
7. Kabera J. N., Semana E., Mussa A. R., He X. Plant secondary metabolites: biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. *Pharm. and Pharmacology*, 2014, 2, 377–392.
8. Mayer A. M. Polyphenol oxidases in plants and fungi: going places? A review. *Phytochemistry*, 2006, 67, 2318–2331.
9. Li L., Steffens J. C. Overexpression of polyphenol oxidase in transgenic tomato plants results in enhanced bacterial disease resistance. *Planta*, 2002, 215, 239–247.
10. Thipyapong P., Hunt M. D., Steffens J. C. Antisense downregulation of polyphenol oxidase results in enhanced disease susceptibility. *Planta*, 2004, 220, 105–117.
11. Методы теххимического контроля в виноделии / под ред. Гержиковой В. Г. — Симферополь: Таврида, 2002. — 259 с.
12. Минаева В. Г. Флавоноиды в онтогенезе и их практическое использование. — Новосибирск: Наука, 1978. — 270 с.
13. Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений. — Л.: Агропромиздат, 1987. — С. 43–44.

Потенциальная морозостойкость и особенности морозных повреждений у представителей семейства *Oleaceae* в условиях Южного берега Крыма

Губанова Т. Б.

Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН, Ялта, Республика Крым, РФ, gubanova-65@list.ru

Резюме. Дана характеристика потенциальной устойчивости к действию отрицательных температур у некоторых видов родов *Jasminum*, *Ligustrum* и сортов *Olea europea*. Установлены значения начальных повреждающих и критических температур. Приведено описание типов морозных повреждений. Выявлена роль влажности воздуха и скорости ветра в реализации потенциальной морозостойкости в конкретных погодных условиях зимнего периода.

Potential frost resistance and frost damages in some Oleaceae species on the Southern Coast of Crimea. Gubanova T. B. **Summary.** The characteristics of potential resistance to the effect of negative temperatures in some species from the genus *Jasminum*, *Ligustrum* and some *Olea europea* cultivars are presented. The values of the initial damaging and lethal temperatures were determined. The types of frost damages were described. The effect of air humidity and wind speed in the realization of potential frost resistance under specific weather conditions of the winter period was revealed.

Одним из факторов, лимитирующих ассортимент субтропических плодовых культур и зимневегетирующих декоративных растений на Южном берегу Крыма, являются такие климатические особенности холодного периода, как резкие колебания температур, высокая вероятность провокационных оттепелей и возвратных заморозков. Агрометеостанцией «Никитский ботанический сад» выявлена тенденция увеличения вероятности наступления стихийных гидрометеорологических явлений, опасных для ряда субтропических видов растений (понижение температур воздуха до -10°C и ниже) [3]. Поэтому, в связи с задачами селекции и интродукции субтропических плодовых культур, декоративных раноцветущих и широколиственных вечнозеленых видов были проведены исследования потенциальной морозостойкости, а так же способности к закаливанию у некоторых представителей семейства *Oleaceae*. В качестве объектов исследований выбраны следующие представители семейства *Oleaceae* L: род *Jasminum* Hoffsgg. — *J. nudiflorum* Lindl. (Северный Китай) (зимнецветущий), *J. premianum* Hance (Западный Китай), сорта L. (Никитская, Крымская звезда, Раццо, Кареджиоло, Асколяно) и *O. europea* subsp. *cuspidata* (Wall ex G. Don) Cif. (Южная Африка, Пакистан, Индия), род *Ligustrum* L. — *L. compactum* Brandis., (Гималаи, Китай) *L. delavouyanum* Hariot., (Западный Китай) *L. lucidum* Ait. f. (п-ов Корея, Китай, Япония). Визуальную оценку морозных повреждений проводили в периоды значительного понижения температуры воздуха.

Опыты по искусственному промораживанию однолетних побегов осуществляли в течение холодного периода на ЮБК в климатической камере, с учетом вероятностей наступления отрицательных температур, с периодом закаливания в течении 12 часов при температуре 0°C

[2]. Градиент изменения температуры в камере составил 2°C в час. Эквивалентно-эффективную температуру рассчитывали по формуле А. Миссенарда:

$$\text{ЭЭТ} = \frac{37 - (37 - T_a)}{(0,68 - 0,0014 * RH + \frac{1}{1,76 + 1,4v^{0,75}})} - 0,29T_a * \left(1 - \frac{RH}{100}\right)$$

где, T_a — температура сухого термометра, °C; RH — относительная влажность воздуха, v — скорость ветра, м/с [1].

С помощью метода искусственного промораживания установлено, что у представителей рода *Olea* морозостойкость в пределах однолетнего побега понижается в ряду побег — терминальная почка — лист. У большинства сортов повреждение листьев в пределах однолетнего побега носит акропетальный характер, а побега — базипетальный. Для большинства изучаемых сортов и форм маслины начальной повреждающей температурой оказалось -8°C , а значения критических температур располагались в пределах $-12 \dots -14^\circ\text{C}$. В контролируемых условиях, при действии температуры -12°C в течение 15 часов, у сортов Никитская и Крымская звезда отмечена минимальная степень обмерзания листьев: 16 и 7% соответственно. Минимальная морозостойкость листьев оказалась у сорта Кареджиоло (повреждено 90% листьев), однако при этом не выявлено обмерзания почек и побегов. У сортов Раццо и Асколяно повредились не только листья, но и побеги, и почки. Слабая устойчивость к отрицательным температурам отмечена и у подвида *O. europea subsp. cuspidata* — 70% листьев 5–7 см. апикальных частей побегов. Таким образом, относительно высокая потенциальная морозостойкость наблюдалась у сортов Никитская, Крымская Звезда. Среднеустойчивым оказался сорт Раццо. Слабоустойчивые сорта — Кареджиоло и Асколяно. Минимальная низкотемпературная устойчивость выявлена у подвида *O. europea subsp. cuspidata*.

Морозные повреждения листовых пластинок проявляются в виде краевых некрозов или некрозов межжилкового пространства. У сортов с низкой морозостойкостью, при действии температуры близкой к критическим значениям, отмечены также повреждения черешка, что в дальнейшем приводит к дефолиации.

У видов рода *Jasminum*, распространение морозных повреждений однолетних побегов происходит в базипетальном направлении. Относительно более морозостойким оказался *J. nudiflorum*, у которого выявлены единичные случаи обмерзания апикальной части побегов. Особенностью *J. nudiflorum* является зимнее цветение (февраль-март). Понижение температуры воздуха до отрицательных значений приводит к частичному осыпанию цветков, причем только распутившихся. Бутоны этого вида выдерживают низкотемпературное воздействие -10°C в течение 15 часов. В то время как у *J. premianum* действие отрицательных температур повреждают как листья, так и побеги, причем обмерзать может до 10–15 см побега. Типичным морозным повреждением листа у *J. premianum* следует считать краевые некрозы. В контролируемых условиях установлено, что среди видов рода *Ligustrum* низкотемпературная устойчивость снижалась в порядке *J. nudiflorum*, *L. delavouyanum*, *L. compactum*. У видов рода *Ligustrum* наиболее часто низкотемпературное воздействие приводит к появлению краевых и межжилковых некрозов, и в отдельных случаях повреждению центральной жилки.

Погодные условия, сложившиеся в конце декабря — начале января, вызвали морозные повреждения у почек, побегов и листьев разной интенсивности. У большинства изучаемых вечнозеленых видов наблюдалось обратимое скручивание листовой пластинки, наиболее ярко выраженное у сортов *O. europea*, что, вероятно, связано с перераспределением воды в тканях листа. Наиболее выраженные повреждения листовых пластинок в виде краевых некрозов, и в отдельных случаях появление хлорозных участков в межжилковом пространстве выявлены у *L. compactum* и *L. delavouyanum*. У некоторых видов рода *Jasminum* наблюдалось не только обмерзание листы (50–70%), но и побегов от 2 до 15 см, причем интенсивность морозных повреждений усиливалась в ряду *J. premianum*, *J. beesianum*, *J. officinalis*. Морозные повреждения у сортов *Olea europea* (исключение *O. europea subsp. cuspidata*) и видов *L. lucidum*, *J. nudiflorum* отсутствовали или были единичными. Второе понижение температуры стало причиной более значительных повреждений по сравнению с морозами конца декабря — начала января.

В частности, отмечено обмерзание листвы и апикальной части побегов у некоторых сортов *O. europea* (Раццо, Личина, Кареджиоло) и *O. europea subsp. cuspidata*. У видов рода *Jasminum* наблюдалось дальнейшее обмерзание побегов: *J. premianum* (15–20 см), *J. beesianum*, *J. officinalis* (30–40 см.), *J. nudiflorum* (2–5 см). Интенсификация морозных повреждений и изменение их характера выявлены у *L. compactum*, что в дальнейшем привело к сбрасыванию более 75–80% листвы. Морозные повреждения листьев в апикальной части побегов и соцветий наблюдались и зимнецветущего вида *J. nudiflorum*.

Анализ состояния изучаемых представителей семейства *Oleaceae* в погодных условиях декабря 2015 и января 2016 показал, что, с одной стороны, минимальные температуры не достигали уровня критических для указанных видов, а с другой — привели к значительным морозным повреждениям. С нашей точки зрения такая картина объясняется сопутствующими метеофакторами: изменениями скорости ветра и влажности воздуха в морозный период. По относительно высоким значениям среднесуточных и среднедекадных температур в периоды, предшествующие наступлению морозов, отсутствовали условия, способствующие прохождению закаливания, что и вызвало повреждения у изучаемых видов. При таком подходе не удастся выявить причины более значительных повреждений в третьей декаде января (–6,5... –7,9°C в течение 13 часов) по сравнению с действием погодных условий в конце декабря начале января (–5,4... –6,6°C в течение 10 часов). Возникшее противоречие преодолимо при анализе всего комплекса метеофакторов и расчете эквивалентно-эффективных температур. Так, средние температуры, влажность воздуха и скорость ветра за 10 суток до наступления морозов в конце декабря +9,7°C, 69%, 4–6 м/с, а ЭЭТ, находилась в пределах –0,5... –2,2°C, что благоприятствовало прохождению закаливания. Кроме того снижение температуры воздуха с 30.12.2016 на 31.12.2016 сопровождалось снижением влажности воздуха, что привело к увеличению эквивалентно-эффективных температур. Важно то, что комплекс метеоусловий, предшествующих второму понижению температур (высокая влажность воздуха 82–91% и порывы ветра до 5–7 м/с), не смотря на относительно высокие среднесуточные температуры, послужил причиной снижения эквивалентно-эффективных температур (–3... –9°C). Иными словами, растения испытывали длительное воздействие отрицательных температур, что в итоге привело к интенсификации степени морозных повреждений в конце января. Еще одна причина более существенных обмерзаний, отмеченных при втором понижении температуры, заключается в том, что большей части изучаемых видов потенциальная морозостойкость достигает максимума в конце декабря — начале января, а затем планомерно снижается. Таким образом, установлено, что высокая потенциальная морозостойкость характерна для видов *J. nudiflorum*, *J. nudiflorum* и сортов *O. europea* (Никитская, Крымская звезда). Причиной снижения уровня потенциальной морозостойкости в условиях ЮБК является комплекс метеофакторов (влажность воздуха, скорость ветра) не только во время наступления морозов, но и в предшествующий ему период.

Список литературы

1. Врублевська О. О., Катеруша Г. П. Прикладна кліматологія. Конспект лекцій. — Дніпропетровськ: Економіка, 2005. — 131 с.
2. Елманова Т. С. Методические рекомендации по комплексной оценке зимостойкости южных плодовых культур. — Ялта. — 1976. — 23 с.
3. Корсакова С. П. Обзор стихийных гидрометеорологических явлений в районе Никитского ботанического сада // Сборник. науч. трудов ГНБС. — 2014. — Т. 139. — С. 79–94.

Элементный химический состав *Leonurus quinquelobatus* на юге Западной Сибири

Загурская Ю. В.¹, Сиромля Т. И.²

¹ Институт экологии человека ФИЦ УУХ СО РАН, Кемерово, Россия, syjil@mail.ru

² Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия, tatiana@issa.nsc.ru

Резюме. Определено содержание химических элементов (ХЭ) в золе растений *Leonurus quinquelobatus*, выращенных из генетически однородного материала на юге Западной Сибири. Статистически значимые региональные отличия проявляются в отношении Cu, Ga, Fe, K, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Si, Sn, Sr, Ti, V, Y, Yb, Zn, Zr. Значительная вариабельность выявлена для коэффициентов биологического поглощения и биогеохимической подвижности.

The elemental chemical composition of *Leonurus quinquelobatus* in the South of Western Siberia. Zagurskaya Yu. V., Siromlya T. I. **Summary.** The concentrations of chemical elements were determined in the ashes of plants of *Leonurus quinquelobatus*, grown from the genetically homogeneous seeds in three regions of the South of Western Siberia. The statistically significant differences occurred concerning Cu, Ga, Fe, K, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Si, Sn, Sr, Ti, V, Y, Yb, Zn, Zr. Significant variability identified for the coefficients of biological uptake and biogeochemical mobility.

Пустырник пятилопастной (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.) — лекарственное растение, применяющееся для создания седативных препаратов наряду с *Leonurus cardiaca* L. (Пустырника трава..., 2015). Заготовка сырья пустырника в Западной Сибири в настоящее время идет в естественных условиях произрастания и сопряжена с рядом трудностей (Ермохин и др., 2012). Метаболизм растений в условиях культуры может существенно изменяться по сравнению с природными популяциями (Минаева, 1989). В связи с этим выращивание пустырника и изучение его химического и биохимического состава в условиях культуры представляет не только теоретический, но и практический интерес.

Цель настоящей работы: определить содержание химических элементов (ХЭ) в растениях *L. quinquelobatus* в различных экологических условиях при выращивании на юге Западной Сибири.

Растения выращивали рассадным способом из генетически однородного материала в трех регионах юга Западной Сибири на опытных участках: Кузбасский ботанический сад ИЭЧ СО РАН (г. Кемерово); Сад Мичуринцев Новосибирского ГАУ (г. Новосибирск); Горно-Алтайский ботанический сад (с. Камлак, Республика Алтай). Сбор образцов растений проводили в 2011 и 2012 гг. в фазу цветения, даты сбора различались в зависимости от года и региона (Загурская и др., 2013).

Измерение общего количества ХЭ проводили после сухого озоления атомно-эмиссионным методом с использованием дугового аргонового двухструйного плазмотрона и многоканального анализатора эмиссионных спектров. Содержание ХЭ приведено в пересчете на абсолютно-сухое вещество.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью пакета программ SNEDECOR (Сорокин, 2009). Почти все ХЭ, кроме Са и Сг, характеризовались нормальным распределением и однородной дисперсией, поэтому при сравнении можно использовать НСР. Все регионы проведения исследований имеют близкие показатели и сходные тенденции изменения климатических факторов. По суммарной степени загрязнения окружающей среды в результате хозяйственной деятельности человека наиболее высокие показатели характеризуют Кемеровскую и Новосибирскую области (Адам, 2008), однако, некоторые виды лекарственных растений можно выращивать даже на заведомо загрязненных тяжелыми металлами почвах без потери качества конечной продукции (Zheljazkov et al., 2008).

Общая зольность и количество золы, нерастворимой в 10% HCl, соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству сырья (Пустырника трава ..., 2015): в Кемерово — $8,27 \pm 0,14$ и $0,28 \pm 0,02\%$, в Новосибирске — $9,09 \pm 0,08$ и $0,61 \pm 0,02\%$, в пос. Камлак — $9,10 \pm 0,10$ и $0,15 \pm 0,01\%$ соответственно.

Согласно полученным нами данным, в зависимости от региона выращивания статистически значимо не различалось валовое содержание В, Ва, Ве, Cd, Со, Mg и Р (рис. 1), а также аномально распределенных в выборке Са и Сг (медианные значения около 1,5–1,6% и 0,5–1 мг/кг, размах варьирования — 1,1–3,2% и 0,3–2,8 мг/кг соответственно).

Растения *L. quinquelobatus*, выращенные в условиях Горного Алтая, содержат наименьшее количество большинства исследованных ХЭ, в том числе тяжелых металлов. Помимо «экологической чистоты» данного региона, существенную роль играет почвенный фактор — почвы опытных участков характеризуются тяжелосуглинистым гранулометрическим составом (около 50% фракции физической глины) и содержат большое количество гумуса (около 8,5%), что приводит к уменьшению подвижности ХЭ в почвах и снижению их доступности растениям.

Почвы новосибирского экспериментального участка являются легкосуглинистыми и содержат практически в 2 раза меньше гумуса. Это находит прямое отражение в элементном химическом составе новосибирских растений — в них наиболее высокое содержание Ga, Fe, Мо, Ni, Pb, Si, Sn, Sr, Ti, V, Y, Yb, Zn, Zr (разница статистически значима).

Кроме того, данные растения являются наиболее «запыленными» — содержание золы, нерастворимой в 10% HCl, в них в 2–4 раза выше, что также может являться одной из причин максимального содержания большинства исследованных ХЭ в новосибирских образцах *L. quinquelobatus*.

Поверхностное загрязнение растений нерастворимыми минеральными частицами может привести к искажению получаемых аналитических данных — в частности, существенно увеличить результаты при определении валового содержания некоторых ХЭ. К сожалению, как уже отмечалось нами (Сиромля, 2015), показателями зольности (особенно содержанием нерастворимого остатка золы) зачастую пренебрегают при описании экспериментальных результатов исследований элементного химического состава растений, что затрудняет сравнительный анализ литературных данных. Так например, Митрофановой с соавторами (2014) при изучении травы *Leonurus glaucescens* Vge. из Волгоградской области определено содержание золы, нерастворимой в 10% HCl кислоте — $0,98 \pm 0,018\%$, это существенно выше полученных нами результатов и априори предполагает существенную разницу в потенциально сравниваемых показателях.

Литературных данных о содержании ХЭ в растениях пустырника пятилопастного крайне мало. Полученные нами данные совпадают с результатами ученых ЦБС НАН Беларуси: доминирующее положение в спектре макроэлементов принадлежит К, затем — Са (см. выше), Р и Mg, среди микроэлементов лидирует Fe, а за ним в порядке снижения долевого участия — Mn, Zn, В, Cu, Со (Рупасова и др., 1994; Тарасенко и др., 2008). В условиях Ставрополя были отмечены более высокие, чем на юге Западной Сибири, концентрации (среднее значение; пределы варьирования) Pb (3,6; 3,2–4,0), Mn (279; 212–318) и Cd (3,2; 1,1–5,4), а содержание Са (23110; 19700–25080), Cu (11,3; 10,3–17,0) и Zn (32,3; 21,9–44,5) практически не различалось (Самсонова и др., 2015). Образцы из Донецкого ботанического сада по количеству Zn почти в два раза превосходили изученные нами — 82 мг/кг (Остапко, 2003). Растения родственного вида —

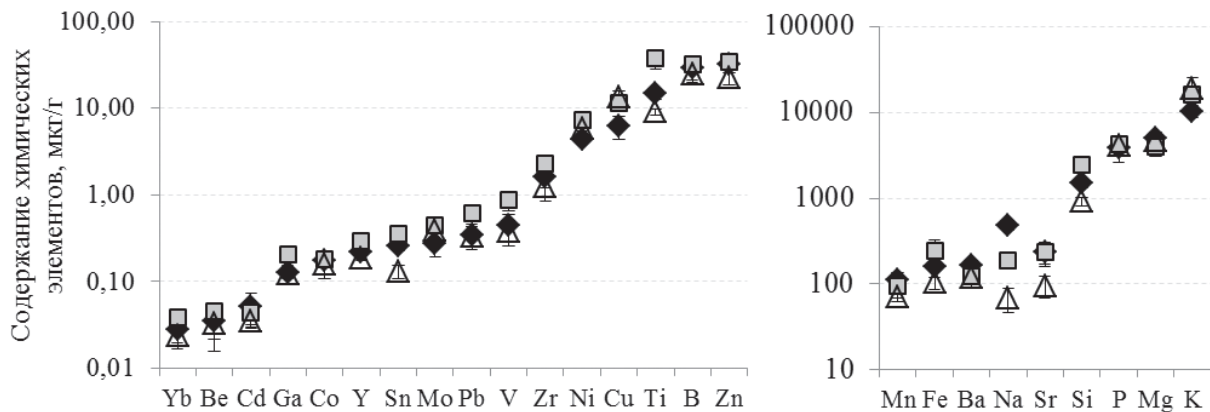


Рис. 1. Содержание макро- и микроэлементов в траве *Leonurus quinquelobatus* при выращивании в регионах Западной Сибири (среднее содержание: \blacklozenge — Кемерово, \blacksquare — Новосибирск, \triangle — Респ. Алтай, погрешности — стандартное отклонение)

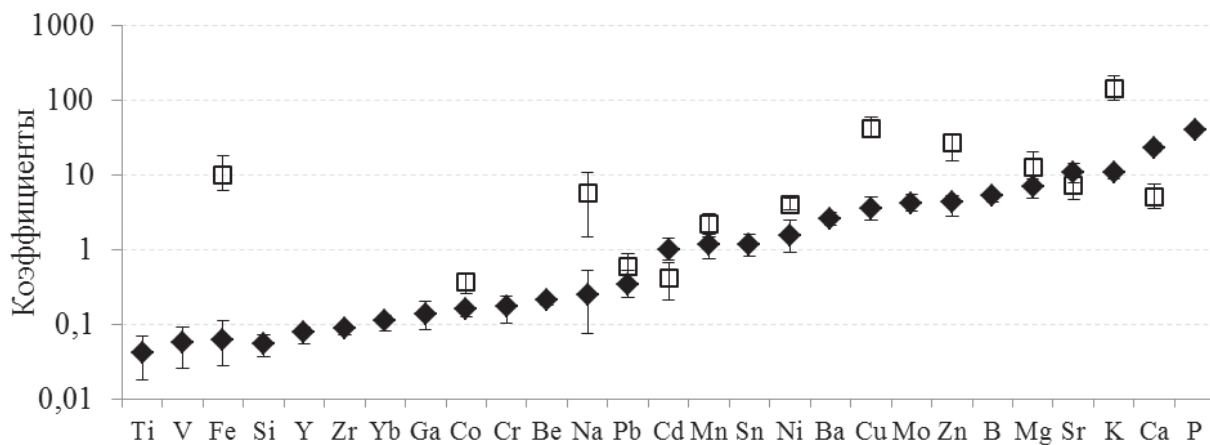


Рис. 2. Коэффициенты биологического поглощения (черный) и биогеохимической подвижности (белый) ХЭ в траве *Leonurus quinquelobatus* в условиях Западной Сибири

L. cardiaca — содержат следующие количества макроэлементов (мг/г): К — 38, Са — 18, Mg — 4,2 и Fe — 0,3 (Ловкова и др., 1990). Валовое содержание тяжелых металлов в надземной массе *Leonurus cardiaca* Брянской области находится в диапазоне полученных нами значений только для Sr и Mn, при этом количество Zn и Ni оказалось выше в два раза, Cu — в три, а Pb, Co, Fe и Cr в 10 и более раз (Шапурко, 2014).

Для оценки интенсивности поглощения ХЭ растениями из почвы рассчитаны коэффициенты биогеохимической подвижности (A_x) и биологического поглощения (B_x) (Перельман, Касимов, 1999), при этом обнаружена их значительная вариабельность (рис. 2). Известно, что значения B_x у большинства ХЭ обычно значительно выше, чем A_x , однако в данном случае для Са, Sr и Cd — элементов, характеризующихся наибольшей подвижностью в почвах — коэффициент B_x оказался ниже. Подобное явление уже отмечалось нами ранее (Сысо и др., 2016).

Авторы выражают признательность д. б. н. А. И. Сысо и к. б. н. И. И. Баяндиной за научные консультации, а также сотрудникам Новосибирского ГАУ (г. Новосибирск) и Горно-Алтайского ботанического сада (п. Камлак) за предоставленный материал для исследования.

Список литературы

1. Адам А. М. Экологическая ситуация в Западной Сибири: минерально-сырьевая база региона как источник экологической опасности // ЭКО-бюллетень ИнЭКА, 2008, Т. 128, № 3, С. 46–49. <http://www.ineca.ru/?dr=bulletin/arhiv/0128&pg=015>
2. Ермохин Ю. И., Шойкин О. Д., Красницкий В. М. Показатели связи между химическим составом растений и урожаем пустырника пятилопастного // Общие вопросы агрохимии, 2012, № 4, С. 35–36.
3. Загурская Ю. В., Баяндина И. И., Сиромля Т. И., Сысо А. И., Дымина Е. В., Вронская О. О., Казанцева Л. М. Качество сырья лекарственных растений при выращивании в антропогенно нарушенных регионах Западной Сибири на примере *Hypericum perforatum* L. и *Leonurus quinquelobatus* Gilib // Химия растительного сырья, 2013, № 4, С. 141–150.
4. Ловкова М. Я., Рабинович А. М., Пономарева С. М., Бузук Г. Н., Соколова С. Н. Почему растения лечат. М.: Наука, 1990, С. 142–143.
5. Минаева В. Г. Теоретические и практические аспекты биохимического изучения лекарственных растений Сибири при интродукции. // Ускорение интродукции растений Сибири: Задачи и методы: Сб. науч. тр. Новосибирск, 1989, С. 97–103.
6. Митрофанова И. Ю., Недилько О. В., Провоторов В. И., Ковинёв А. Н. Определение некоторых числовых показателей травы пустырника сизого, произрастающего в Волгоградской области // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр. Пятигорск, 2014, Вып. 69, 513 с.
7. Остапко И. Н. Сравнительный анализ содержания элементов полезных растений из коллекций Донецкого ботанического сада НАН Украины // Промышленная ботаника, 2003, № 3, С. 87–90.
8. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта. М.: Астрейя-2000, 1999. 610 с.
9. Пустырника трава (*Leonuri herba*): ФС. 2.5.0034.15 // Государственная фармакопея Российской Федерации XIII издания. М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2015, С. 585–593.
10. Рупасава Ж. А., Русаленка В. Г., Ігнаценка В. А., Рудакоуская Р. М., Афанаскіна І. П. Асаблівасці мінеральнага абмену лекавых культур ва умовах Беларусі // Весці Акад. навук Беларусі. Сер. біялагічных навук, 1994, № 2, С. 3–9.
11. Самсонова О. Е., Маликова И. В., Федотова Н. Н., Надеин О. Н., Судакова Н. В. Фронтальный элементный анализ как критерий качества растительного сырья // Вестник Северо-Кавказского федерального университета, 2015, № 3 (48), С. 35–37.
12. Сиромля Т. И. К вопросу определения содержания химических элементов в лекарственном растительном сырье // Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы: мат-лы II междунар. науч. конф. Новосибирск: ИЦ НГАУ, 2015, С. 122–125
13. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009, 222 с.
14. Сысо А. И., Сиромля Т. И., Мяделец М. А., Черевко А. С. Эколого-биогеохимическая оценка элементного и биохимического состава растительности антропогенно нарушенных экосистем (на примере *Achillea millefolium* L.) // Сибирский экологический журнал, 2016, № 5, С. 782–792.
15. Тарасенко С. А., Брилева С. В., Белоус О. А. Физиолого-биохимические основы высокой продуктивности лекарственных растений в агроценозах. Гродно: ГГАУ, 2008, 191 с.
16. Шапурко В. Н. Ресурсы и экологическое качество лекарственных растений (на примере Брянской области). Автореф. дисс. канд. биол. наук. Брянск, 2014. 24 с.
17. Zheljzkov V. D., Jeliazkova E. A., Kovacheva N., Dzhurmanski A. Metal uptake by medicinal plant species grown in soils contaminated by a smelter // Environmental and Experimental Botany, 2008, Vol. 64, P. 207–216.

Изучение антимикробных свойств экстракта хризантемы увенчанной при интродукции в Полесье Украины

Иващенко И. В.¹, Балко А. Б.², Феделеш-Гладинец М. И.³

¹ Житомирский национальный агроэкологический университет, Житомир, Украина, kalateja@ukr.net

² Институт микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного НАН Украины, Киев, Украина

³ Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина

Резюме. В статье изложены результаты изучения антимикробной активности этанольного экстракта хризантемы увенчанной (*Chrysanthemum coronarium* L.) при интродукции в Полесье Украины. Установлена антимикробная активность экстракта относительно грамположительных бактерий *Staphylococcus aureus* и гриба *Candida albicans*.

Study of antimicrobial properties of the extract from Crown Daisy, introduced in Ukrainian Polissya. Ivashchenko I. V., Balko A. B., Fedelech-Gladinets M. I. **Summary.** The article studies antimicrobial properties of the ethanolic extract from Crown Daisy (*Chrysanthemum coronarium* L.), introduced in Ukrainian Polissya. The extract has proved to possess antimicrobial activity against Gram-positive bacteria *Staphylococcus aureus* and fungus *Candida albicans*.

Хризантема увенчанная (*Chrysanthemum coronarium* L.) или хризантема овощная — однолетнее травянистое растение семейства Asteraceae Dumort. Хризантема широко используется как диетический пищевой продукт в Китае, Японии, Корее, Индии, США; встречается по всей территории Украины, но используется как декоративная культура и малоизвестна как овощ. Растение содержит витамины, каротины, микро — и макроэлементы, простые и сложные углеводы, протеины, флавоноиды, лактоны [4, 6]. Хризантему увенчанную используют для лечения гонореи, сифилиса, нормализации процессов обмена, как отхаркивающее и желудочное средство, для профилактики онкологических заболеваний, при головных болях. Хризантема увенчанная активизирует иммунитет, обладает антиоксидантными, гепатопротекторными, противоопухолевыми, инсектицидными, нематоцидными а также антимикробными свойствами [5, 7].

В зоне Житомирского Полесья хризантему увенчанную не культивируют, поэтому интродукционное изучение этого ценного и неприхотливого растения, в частности его антимикробных свойств, с целью дальнейшего использования в пищевой промышленности, фармации, парфюмерии, косметологии актуально.

Цель работы состояла в исследовании антимикробных свойств хризантемы увенчанной при интродукции в Полесье Украины.

Интродукционные исследования хризантемы увенчанной проводили на экспериментальных участках ботанического сада Житомирского национального агроэкологического университета, что находится в зоне Полесья Украины. Исходный семенной материал растений по-

лучен из Национального ботанического сада им. Н. Н. Гришка НАН Украины. Образцы для микробиологических исследований отбирали в фазу цветения, воздушно-сухое сырье настаивали в 40%-ом этиловом спирте на протяжении семи суток. Исследование антимикробной активности экстракта проводили на полученных из Украинской коллекции микроорганизмов (УКМ, Институт микробиологии и вирусологии НАН Украины) тест-культурах микроорганизмов: *Escherichia coli* (кишечная палочка) УКМ В-906 (АТСС 25922); *Staphylococcus aureus* (золотистый стафилокок) УКМ В-904 (АТСС 25923); *Pseudomonas aeruginosa* (синегнойная палочка) УКМ В-900 (АТСС 9027); *Candida albicans* (кандида белеющая) УКМ Y-1918 (АТСС 885–653). Данные микроорганизмы являются тестовыми штаммами для определения антимикробного действия лекарственных средств [3]. Определение антимикробной активности растительного экстракта относительно тест-культур микроорганизмов проводили согласно методике для определения чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам [2]. Антимикробную активность изучали методом последовательных серийных разведений, который предусматривает определение минимальной бактериостатической (МИС) и минимальной бактерицидной концентраций (МБС).

Получение суточных культур микроорганизмов осуществляли на плотной питательной среде LB (Luria-Bertani medium, Merck, Germany) [1].

Исследование антимикробной активности 40%-го этилового спирта показало, что его внесение к суспензиям используемых тест-культур микроорганизмов проявлялось бактериостатической активностью при разведении 1:2. При дальнейшем разведении этанол не влиял на рост микроорганизмов в жидкой культуре. В случае *P. aeruginosa* и *C. albicans* бактерицидная/фунгицидная концентрация спирта соответствовала бактериостатической. Бактерицидный эффект этанола в отношении *E. coli* и *S. aureus* отсутствовал.

Результаты исследований, представленные в табл. 1, 2 позволяют сделать вывод, что экстракт хризантемы увенчанной обладает антимикробным действием относительно *S. aureus*. Так, в жидкой культуре отмечено угнетение роста бактерий при разведении 1:8 и ниже (табл. 1), при посеве на плотную среду наблюдалось отсутствие роста микроорганизмов при разведении 1:2 (табл. 2).

Таблица 1

Определение минимальной ингибирующей концентрации (МИС) этанольного экстракта *Chrysanthemum coronarium* L. относительно тест-культур микроорганизмов

Тест-культуры микроорганизмов	Наличие роста тест-культуры в опытных вариантах при соответствующем разведении образца							Наличие роста тест-культуры в контрольных вариантах			
	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64	1:128	+К	-К	Кс	Кз
<i>Escherichia coli</i> УКМ В-906	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i> УКМ В-904	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> УКМ В-900	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Candida albicans</i> УКМ Y-1918	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-

Примечание: «+» — наличие роста культуры; «-» — отсутствие роста культуры; «+К» — положительный контроль роста тест-культуры; «-К» — отрицательный контроль роста тест-культуры; «Кс» — контроль чистоты среды; «Кз» — контроль чистоты образца (при розведении 1:2).

Таким образом, по сравнению с растворителем, показатели минимальной бактериостатической (МИС) и минимальной бактерицидной концентраций (МБС) экстракта относительно *S. aureus* увеличились в 4 и 2 раза, соответственно. Следует отметить, что экстрагированные веще-

ства незначительно влияли на *C. albicans*, двукратно повышая только фунгистатическую активность экстракта. Угнетение роста микроорганизмов в жидкой среде отмечено при разведении 1:4 и ниже (см. табл. 1).

Таблица 2

Определение минимальной бактерицидной/фунгицидной концентрации (МБС/МФС) этанольного экстракта *Chrysanthemum coronarium* L. относительно тест-культур микроорганизмов

Тест-культуры микроорганизмов	Наличие роста тест-культуры на плотной среде при нанесении соответствующего разведения образца						
	1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64	1:128
<i>Escherichia coli</i> УКМ В-906	+	+	+	+	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i> УКМ В-904	–	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> УКМ В-900	–	+	+	+	+	+	+
<i>Candida albicans</i> УКМ Y-1918	–	+	+	+	+	+	+

Примечание: «+» — наличие роста культуры; «–» — отсутствие роста культуры.

По отношению к *P. aeruginosa* и *E. coli* показатели МИС и МВС исследуемого экстракта совпадали с показателями 40% этанола, что свидетельствует об отсутствии антимикробной активности относительно указанных микроорганизмов (табл. 1, 2).

Этанольный экстракт хризантемы увенчанной характеризовался узким спектром антимикробного действия, поскольку влиял только на представителей грамположительных бактерий — *S. aureus*. Относительно гриба *C. albicans* отмечена фунгистатическая активность экстрагированных веществ, фунгицидный эффект отсутствовал.

Список литературы

1. Миллер Д. [ред. С. И. Алиханяна]. Эксперименты в молекулярной генетике. Москва, Мир, 1976, 440 с.
2. Про затвердження методичних вказівок «Визначення чутливості мікроорганізмів до антибактеріальних препаратів»: Наказ МОЗ України № 167. — [Чинний від 2007–04–05]. Київ, МОЗ України, 2007, 63 с.
3. Украинская коллекция микроорганизмов. Каталог культур [ред. В. С. Подгорского, О. И. Коцко-фляк, Е. А. Киприановой, О. Р. Гвоздяк]. Киев, Наукова думка, 2007, 270 с.
4. Wan C., Li S., Liu L. et al. Caffeoylquinic Acids from the Aerial Parts of *Chrysanthemum coronarium* L. *Plants*, 2017, V. 6 (10), P. 1–7. doi:10.3390/plants6010010.
5. Lograda T., Ramdani M., Chalard P. et al. Chemical composition, antibacterial activity and chromosome number of Algerian populations of two chrysanthemum species. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2013, V. 3 (8 Suppl 1), S6-S11. doi: 10.7324/JAPS. 2013.38.S2.
6. Geest G., Choi Y. H., Arens P. et al. Genotypic differences in metabolomic changes during storage induced-degreening of chrysanthemum disk florets. *Postharvest Biology and Technology*, 2016, V. 115, P. 48–59. doi:10.1016/j.postharvbio. 2015.12.008.
7. Hosni K., Hassen I., Sebei H., Casabianca H. Secondary metabolites from *Chrysanthemum coronarium* (Garland) flowerheads: chemical composition and biological activities. *Industrial Crops and Products*, 2013, V. 44, P. 263–271. doi: 10.1016/j.indcrop. 2012.11.033.

Некоторые аспекты водного режима декоративных растений в парковых сообществах

Коба В. П., Браилко В. А.

Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН, 298648, г. Ялта, Республика Крым, Российская Федерация, kobavp@mail.ru

Резюме. Исследования проводили в парковых сообществах арборетума Никитского ботанического сада. На отдельных куртинах были заложены экспериментальные площадки, на которых выделены модельные растения. В результате исследований в зоне пересечения их фитогенных полей, выявлен определенный уровень взаимного влияния отдельных видов на водный режим тканей листовой пластинки. Полученные данные свидетельствуют о реализации синэкологических механизмов стимулирования адаптивных функций декоративных растений, что обеспечивает повышение устойчивости группы при негативном воздействии факторов внешней среды.

Some physiological aspects of interaction of plants in the conditions of park communities. Koba V. P., Brailko V. A. **Summary.** Studies were carried out in the steam communities of the arboretum Nikitsky botanical garden. On separate bed experimental areas were laid, on which model plants of various types were distinguished. As a result of research, a certain level of mutual influence of plants of certain species on the water regime of the tissues of the leaf blade was revealed in the zone of intersection of the phytogenic fields of ornamental plants. The obtained data testify to the implementation of synecological mechanisms for stimulating the adaptive functions of ornamental plants, which ensures an increase in the resistance of the group under the negative impact of environmental factors.

Изучение особенностей роста и развития декоративных растений в условиях парковых сообществ является одним из приоритетных направлений совершенствования методов зеленого строительства, формирования принципов ландшафтного фитодизайна в области оптимизации структуры и состава садово-парковых композиций [7, 9]. Рациональное сочетание растений с позиции их отношения к факторам внешней среды обеспечивает повышение эффективности мероприятий по содержанию зеленых насаждений. Менее очевидной, однако достаточно значимой является проблема синэкологического взаимодействия растений различных видов в условиях искусственно созданных сообществ. В настоящее время в работах многих исследователей дана характеристика аллелопатического влияния корневых выделений растений [1, 8, 10]. Специфика синэкологического взаимодействия в сфере надземных структур менее изучена. Крайне ограничена информация о влиянии фитогенного воздействия на физиологическое состояние растений [2, 3]. Подавление или, наоборот, стимулирование физиологических процессов оказывает непосредственное влияние на рост и развитие растения, его жизненное состояние и уровень устойчивости к действию лимитирующих факторов. В условиях парковых сообществ эти явления во многом определяют эстетическую привлекательность и декоративные свойства растений.

Исследования проводили в парковых сообществах арборетума Никитского ботанического сада. В 2015 г. на отдельных куртинах было заложено 20 модельных площадок, на которых выделили 20 пар растений различных видов. Используя методы дендрометрии [6] провели поиск

ковые исследования по оценке уровня синэкологического взаимодействия, на основе полученных результатов выделили виды растений, которые при совместном произрастании оказывали заметное влияние на развитие вегетативных органов в зоне пересечения их фитогенных полей. В 2016 г. были проведены исследования по оценке динамики состояния данных видов растений в условиях фитогенного взаимодействия. В качестве критериев, характеризующих уровень физиологической реакции на внешнее воздействие, использовали следующие показатели: общая оводненность листьев, фракционный состав воды, водоудерживающая способность и стойкость к обезвоживанию [5]; водный дефицит — по методу Кушниренко (1991) [4].

Выявлено, что при совместном произрастании в условиях парковых сообществ в зоне пересечения фитогенных полей декоративных растений *Cotoneaster divaricatus* Rend. Et Wils. и *Viburnum tinus* L., *Laurocerasus lusitanica* L. и *Laurus nobilis* L. произошло снижение интенсивности роста листовых пластинок. У некоторых других интродуцентов (*Viburnum tinus* L. и *Myrtus communis* L.; *Ilex aquifolium* L. и *Sarcococca humilis* Stapf.) при фитогенном взаимодействии наоборот наблюдалась стимуляция ростовых процессов.

Активизация ростовых процессов листьев первой генерации у изучаемых растений началась в середине февраля — марте. На начальных этапах вегетации сформировавшиеся листья имели высокий уровень оводненности — 60–90%. При этом достоверные различия опыта и контроля обнаружены в зоне действия фитогенного поля *C. divaricatus* и *V. tinus*. Оценка фракционного распределения свободной и связанной воды также выявила более высокую способность осмотически-связывать воду *V. tinus* (46%) по сравнению с контролем. Высокий уровень водоудерживающей способности тканей в этот период наблюдался у *C. divaricatus*, *L. nobilis*, *I. aquifolium* и *S. humilis*.

Отбор проб в наиболее благоприятный в условиях Южного берега Крыма (ЮБК) период вегетации (первая половина июня) происходил при среднесуточной температуре воздуха 17,8...21,9°C, относительной влажности воздуха 66–71%. Общее содержание воды в тканях листьев в целом в этот период было ниже, чем в начале вегетации, фракция связанной воды возросла на 10–12%. Реальный водный дефицит не превысил 10%, максимум наблюдался в контрольном варианте у *M. communis*. Полученные данные свидетельствуют об интенсивном формировании структурных и метаболических приспособлений к аридным условиям культивирования. Достоверная разница по параметрам водного режима отмечена в паре *L. nobilis* и *L. lusitanica*: у *L. nobilis* более высокий уровень содержания воды сопровождался ростом фракции связанной воды, и, как следствие, снижением водного дефицита.

Третий этап отбора проб был проведен во второй декаде июля, которая в условиях ЮБК характеризуется как наиболее экстремальный период вегетационного цикла (среднесуточная температура достигала 26,2°C, минимальная влажность воздуха — 35%). В этих условиях оводненность листьев снизилась на 2–13% по сравнению с показателями оптимального периода, в наибольшей степени это отмечалось у *M. communis* как в контроле, так и опыте. Достоверных различий по общему содержанию воды в опытном и контрольном варианте не выявлено. Наиболее высокий уровень оводненности в этот период отмечен у листьев пары *S. humilis* и *I. aquifolium*. Фракция связанной воды в этот период увеличилась на 12–20%, что свидетельствует о реализации механизмов синтеза низкомолекулярных веществ, способствующих увеличению сосущей силы и возрастанию водоудерживающей способности тканей листа. Достоверные различия увеличения фракции связанной воды в опыте по сравнению с контролем обнаружены у *L. lusitanica* и *M. communis* и *V. tinus*. Водный дефицит возрос до 7–35%. Максимального уровня он достигает у *M. communis*.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют об интенсивном формировании метаболических приспособлений к аридным условиям культивирования декоративных растений садово-парковых сообществ. В вегетационном цикле листьев изученных интродуцентов происходит постепенное снижение их оводненности с увеличением доли осмотически-связанной воды. В целом ткани листовой пластинки отличаются высокой водоудерживающей способностью и относительно незначительными показателями реального водного дефицита (до 20%). Выявле-

но увеличение засухоустойчивости в парах растений, которые характеризовались интенсификацией роста листовых пластинок при фитогенном взаимодействии. Это позволяет предположить наличие синэкологических механизмов стимулирования адаптивных функций растений различных видов в зоне действия их фитогенных полей, что в конечном итоге обеспечивает повышение устойчивости группы при негативном воздействии факторов внешней среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15–29–02596.

Список литературы

1. Василенко Н. А. Самоорганизация древесных ценозов. — Владивосток: Дальнаука, 2008. — 171 с.
2. Горелов А. М. Роль фитогенного поля в формировании пространственных структур древесного растения. *Modern Phytomorphology*. — 2012. — Т. 1. — С. 137–141.
3. Ипатов В. С., Кирикова Л. А. Классификация отношений между растениями в сообществах. *Бот. журн.* — 2000. — № 7. — С. 92–100.
4. Кушниренко М. Д., Печерская С. Н. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений. — Кишинёв: Штиинца, 1991. — 305 с.
5. Лищук А. И. Методика определения водоудерживающей способности к обезвоживанию листьев плодовых культур // Физиологические и биофизические методы в селекции плодовых культур: методические рекомендации. — М., 1991. — С. 33–36.
6. Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика изучения прироста древесных растений. — М.: Наука, 1967. — 100 с.
7. Мурачёва Л. С., Бедарева О. М. Оптимизация пространственной структуры парковых экосистем. Лесной комплекс: состояние и перспективы развития. Сборник научных трудов по итогам междунар. науч. — технич. конференции. Выпуск 23. — Брянск: БГИТА, 2009. — С. 185–188.
8. Паркина И. Н. Особенности биологической активности почвы в фитогенном поле березы повислой. *Вестник СамГУ — Естественнонаучная серия*. — 2006. — № 7(47). — С. 148–152.
9. Рунова Е. М., Гнаткович П. С. Оценка типов садово-парковых насаждений и оптимизация пространственной структуры озелененных территорий г. Братска. Материалы XIV Международной научно-технической конференции «Лес-2014» (1 мая — 1 июня 2014 г. Брянск) — Брянск, 2014. — С. 164–167.
10. Спелых В. В. Антимикробные и ионизирующие свойства древесной растительности под влиянием абиотических факторов: автореф. дисс. на соиск. ученой степени канд. биол. наук. — С.-П.: 2010. — 39 с.

Динамика роста побегов некоторых видов рода *Albizia* Durazz. на Южном берегу Крыма

Коба В. П.¹, Герасимчук В. Н.¹, Папельбу В. В.¹, Сахно Т. М.¹

¹ Никитский ботанический сад — Национальный научный центр, Ялта, пгт Никита, Крым, РФ, Serb_84@mail.ru

Резюме. Проведены исследования особенностей роста побегов некоторых видов рода *Albizia* Durazz. Показано, что первые признаки начала роста побегов *A. julibrissin* и *A. kalkora* в условиях приморской зоны ЮБК проявляются в третьей декаде апреля. Дана характеристика динамики суточного прироста побегов изучаемых растений. Выявлена связь изменения величины суточного прироста побегов с показателем суммы положительных температур. Установлено, что наиболее существенное влияние на процессы роста побегов температурный режим оказывает в первой половине фенофазы их формирования. На основе анализа особенностей роста побегов *A. julibrissin* и *A. kalkora* дана сравнительная характеристика их экологической пластичности. Двухсотлетний период интродукции *A. julibrissin* на ЮБК, селекционный отбор оказали влияние на уровень адаптации культивируемых растений в новых условиях произрастания.

A growth dynamics of some species shoots of *Albizia* Durazz. Kind in the southern coast of the Crimea. Koba V. P., Gerasimchuk V. N., Papelbu V. V., Sakhno T. M. **Summary.** The research of peculiarities of some species shoots of *Albizia* Durazz. Kind has been done. It has been shown that the very first signs of a shoot growth beginning by *A. julibrissin* and by *A. kalkora* reveal themselves in the Southern Coast of the Crimea seashore in the third decade of April. A day growth dynamics characteristics of the studied plants has been given. The connection between the change of a day shoot growth quantity and a positive temperature sum indicator has been discovered. It has been discovered that the most essential influence an a shoot growth process has a temperature regime in the first half of their forming phenophase. On the base of analysis of the shoot growth peculiarities of *A. julibrissin* and *A. kalkora* it has been done a comparative characteristics of their ecological plasticity. A two century *A. julibrissin* introduction period in the Southern Coast of the Crimea, its breeding selection have influenced on the cultivars adaptation level in the new conditions of planting.

Род *Albizia* Durazz. относится к семейству *Fabaceae*, включает около 150 видов: деревья, реже кустарники, произрастающие в тропиках Северного полушария. Некоторые представители рода *Albizia* Durazz. получили широкое использование в садово-парковом строительстве на Южном берегу Крыма (ЮБК), особенно в прибрежной зоне. Обладая высокими декоративными свойствами, они характеризуются низкой требовательностью к почвенным условиям и режиму увлажнения. Одним из первых интродуцированных видов рода *Albizia* Durazz. была *Albizia julibrissin* Durazz., в Никитском ботаническом саду она введена в культуру в 1817 г. В течение почти двухсотлетнего периода использования в зеленом строительстве *A. julibrissin* играла важную роль в структуре декоративных древесно-кустарниковых композиций во многих парках и территориях населенных мест региона. Однако в последние десятилетия на ЮБК наблюдается сокращение количества растений *A. julibrissin*. Данная ситуация во многом связана с достижением значительного возраста большинства культивируемых растений, негативным действием

болезней и вредителей, а также повышением агрессивности экологических условий городской среды, как результат значительного увеличения количества автотранспорта. К сожалению, попытки реконструкции и восстановления зеленых насаждений с участием *A. julibrissin*, которые в последнее время предпринимались в курортных городах региона, не всегда имели положительный результат. Поэтому одним из главных направлений сохранения существующих и формирования новых посадок декоративных растений представителей рода *Albizia* Durazz. является расширение комплексных исследований биоэкологического потенциала, адаптивных возможностей и устойчивости к действию негативных факторов видов данного рода, культивируемых в условиях ЮБК. Динамика роста и развития вегетативных органов является важнейшей характеристикой оценки состояния растений, уровня их реакции на действие факторов внешней среды. Наиболее лабильным признаком, отражающим активность сезонного развития растения, является прирост побегов. Анализ интенсивности роста побегов позволяет дать количественную оценку толерантности растений при действии лимитирующих факторов, что имеет важное значение для оценки адаптивного потенциала интродуцируемых видов. Целью исследований являлось изучение особенностей формирования и динамики прироста побегов растений некоторых видов рода *Albizia* Durazz. в условиях приморской зоны ЮБК.

В качестве базовых объектов для изучения особенностей роста побегов представителей рода *Albizia* Durazz. были взяты парки Арборетума Никитского ботанического сада. В настоящее время в Арборетуме произрастает два таксона рода *Albizia* Durazz. — *Albizia julibrissin* Durazz. и *Albizia kalkora* (Roxb.) Prain. На территории трех парков Арборетума (Верхний, Нижний и Приморский) были выбраны пробные площадки, на которых выделены модельные деревья *A. julibrissin* и *A. kalkora*. На каждом модельном дереве было замаркировано десять побегов, по которым в течение вегетационного периода, используя стандартные методы дендрометрии, изучали особенности динамики их прироста (Молчанов, Смирнов, 1967). Единовременные замеры прироста побегов проводили в весенне-летний период 2016 г. с интервалом в 5 дней с момента проявления первых признаков начала роста до окончательной стабилизации размеров их длины. Оценку влияния погодных условий на рост побегов изучаемых растений осуществляли, используя метеорологические данные Никитской метеостанции. Величину гидротермического коэффициента определяли расчетным методом (Селянинов, 1937). Количественные результаты исследований обрабатывали методами вариационной статистики (Лакин, 1990).

Изучаемые виды рода *Albizia* Durazz. относятся к достаточно теплолюбивым ксерофитным растениям. *A. julibrissin* естественно произрастает в прикаспийской части Талыша (Азербайджан), Северном Иране на сухих равнинах, песчаных долинах и возвышенностях. Листопадное дерево высотой до 15 м, в Крыму достигает 8–9 м. Крона ажурная раскидистая, зонтиковидная. Листья сложные, непарнодваждыперистые, длиной до 25 см. Цветки в головчатых соцветиях, с длинными розовыми тычинками. Светолюбивое и теплолюбивое растение, выдерживает морозы до -16°C ; при -20°C , -22°C отмерзают основные ветви кроны. К почвам малотребовательна, хорошо растет на глинистых, известковых и щебенчатых почвах, солевынослива. (Бескаравайная, Григорьев, 1972). *A. julibrissin*, особенно старые деревья, повреждаются фитопатогенными организмами, представителями рода *Fusarium* Lk. et Fr. На ЮБК встречается отдельная форма *A. julibrissin* — ‘Rubro-Rosea’, которая отличается компактной кроной, ярко-зеленой листвой и красновато-розовыми тычиночными нитями.

Естественный ареал *A. kalkora* находится в юго-западном Китае и Индии. Ее деревья имеют небольшую высоту, до 10 м. Цветки с розовато-белыми тычиночными нитями длиной около 2,5 см, слегка душистые, собраны в головчатые соцветия. Обычные зимы на ЮБК переносит без повреждений, но при повторяющихся морозах до -13°C подмерзают однолетние побеги. В отсутствии летнего полива страдает от почвенной засухи, что выражается в снижении интенсивности роста растения, в сокращении периода цветения, слабом плодоношении. В условиях ЮБК данный вид требует защищенного светлого местоположения и полива в летний период. В Никитском ботаническом саду культивируется с 1935 г. Семена получены из Вашингтона. (Анисимова, 1957).

Никитский ботанический сад расположен в центральной части ЮБК. Арборетум сада включает четыре парка (Верхний, Нижний, Приморский и Монтедор), расположенные в пределах высот от 5 м до 200 м над уровнем моря. По климатическим условиям район проведения наблюдений относится к сухим субтропикам. Жаркое сухое лето, относительно теплая зима (Важов, 1977). Среднегодовая температура в районе расположения парков составляет +12,5°C. Средняя температура зимнего периода +3,2°C, летнего +23,4°C. Абсолютный минимум, зафиксированный в феврале 1930 г., составил -14,6°C, максимум в августе 1998 г. +39°C. Среднегодовое количество осадков для данного района — 589 мм, большая их часть выпадает в осенне-зимний период (Плугатарь, 2015). Длительность засушливого периода, который обычно начинается во второй половине вегетационного периода, составляет 4–4,5 месяца, а также высокие значения радиационного индекса сухости (2,0) характеризуют достаточно жесткие климатические условия для роста и развития растений в районе расположения Арборетума (Антюфеев, 2014).

Первые признаки начала роста побегов у изучаемых видов растений стали проявляться во второй половине апреля. На 20 апреля, по данным Никитской метеорологической станции, сумма положительных температур с начала года составила 808°C, что превышало средний многолетний показатель на 129°C. Количество осадков за этот период составило 168 мм, что меньше среднего многолетнего значения на 56 мм. Гидротермический коэффициент, рассчитанный по методике Г. Т. Селянинова (1937), за текущий период составил 0,59, в то время как средний многолетний показатель равен 0,33 (Селянинов, 1937). Таким образом, на начало вегетационного периода погодные условия 2016 г. характеризовались температурным режимом выше среднего и сравнительно низким уровнем увлажненности.

Теплая погода способствовала активному развитию ростовых процессов. У *A. kalkora* интенсивность прироста побегов в апреле-мае была заметно выше в сравнении с *A. julibrissin* (рис. 1). Очевидно, *A. kalkora*, как более теплолюбивый вид, эффективнее использует ресурсы тепла при формировании вегетативных органов в начале вегетационного периода.

При этом *A. kalkora* проявляет повышенную реакцию на действие факторов внешней среды — кривая графика хода роста побегов имеет менее сглаженный вид в сравнении с *A. julibrissin*. Более наглядно данную ситуацию отражают показатели динамики интенсивности суточного прироста побегов (рис. 2).

Максимальный суточный прирост у изучаемых растений наблюдался в середине мая. Для *A. kalkora* он составил 4,3 мм/сут., *A. julibrissin* — 3,5 мм/сут. В последующем отмечалось существенное снижение данного показателя, особенно у *A. kalkora*. После некоторой стабилизации, в первой декаде июня также наблюдалось заметное снижение величины суточного прироста. Во второй половине июня прирост побегов активизировался, однако уровень его интенсивности был почти в два раза ниже по сравнению с маем. Возрастание суточного прироста побегов *A. kalkora* в этот период происходило с некоторым опережением в сравнении с *A. julibrissin*. В конце июня — начале июля отмечалось общее снижение величины суточного прироста, в наибольшей степени у растений *A. kalkora*. Полное прекращение роста побегов данного вида произошло в конце первой декады июля. В то время как растения *A. julibrissin* сохраняли еще заметную активность формирования побегов, рост которых завершился в третьей декаде июля, на 20 дней позже в сравнении с *A. kalkora*. Средние значения суточного прироста за весь период наблюдений соответственно составили: *A. julibrissin* — $1,62 \pm 0,24$ мм/сут.; *A. kalkora* — $1,59 \pm 0,36$ мм/сут. Достаточно близкие по величине средние показатели суточного прироста побегов свидетельствует о том, что данные два вида проявляют примерно равный уровень эффективности использования ресурсов экотопов парковых сообществ в условиях приморской зоны ЮБК. Об этом свидетельствует также высокая синхронность изменения уровня суточного прироста, коэффициент корреляции данных показателей у изучаемых видов составил $0,823 \pm 0,147$. Однако большая продолжительность роста побегов *A. julibrissin* определила увеличение показателя их сезонного прироста, который составил 145,2 мм, что на 14% выше, чем у *A. kalkora*. Сокращение периода роста побегов *A. kalkora* может отражать специфику адаптации в новых неблагоприят-

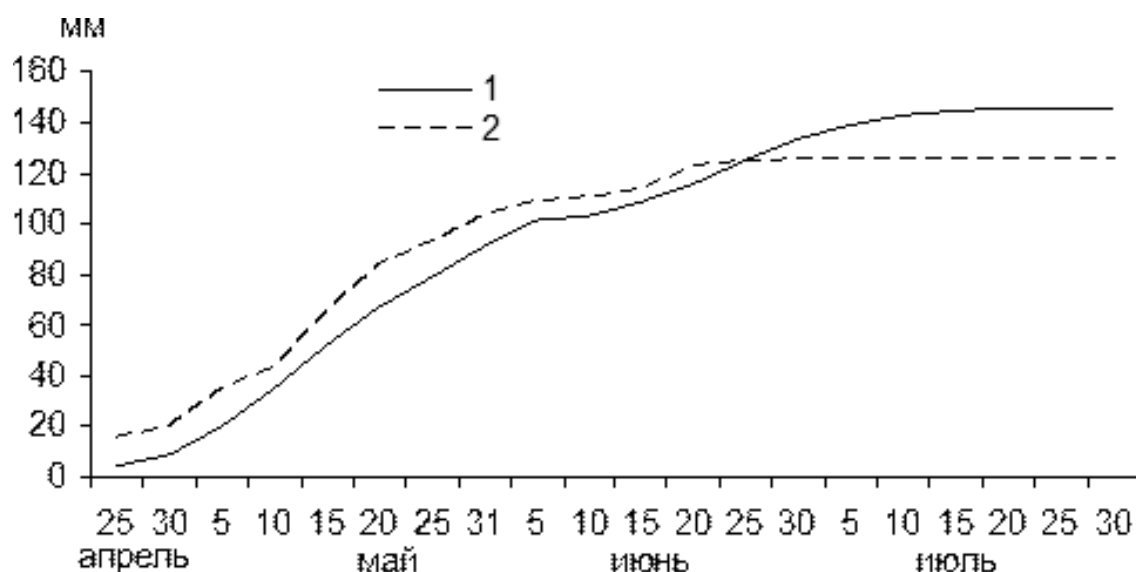


Рис. 1. Динамика роста побегов: *A. julibrissin* — 1; *A. kalkora* — 2

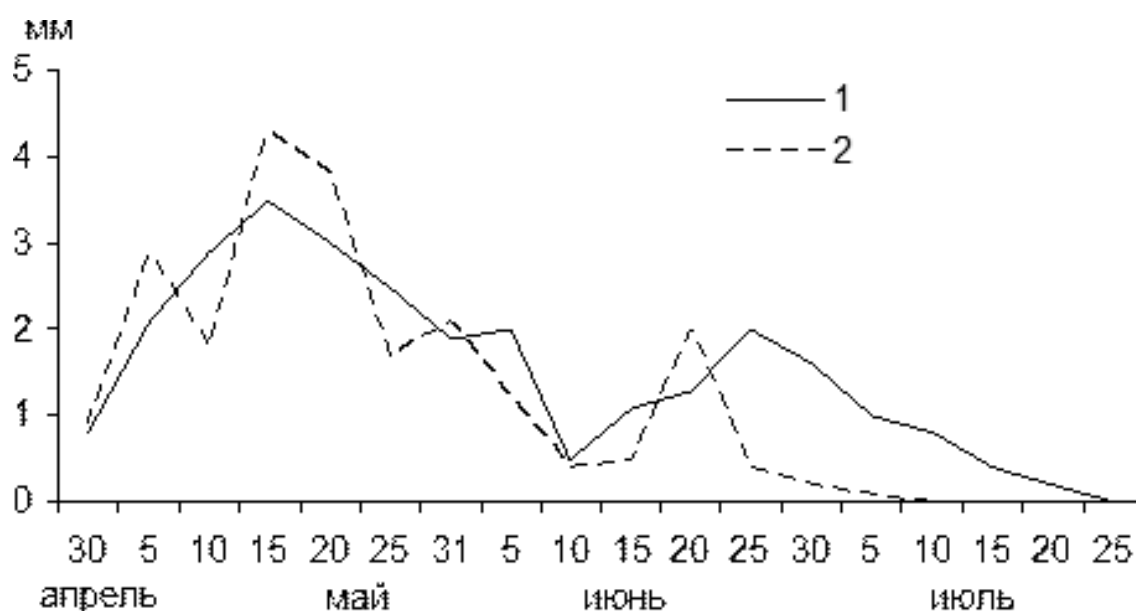


Рис. 2. Средние показатели суточного прироста побегов: *A. julibrissin* — 1; *A. kalkora* — 2

ных условиях произрастания, когда на уровне индивида реализуется стратегия выживания посредством ускоренного прохождения отдельных фаз сезонного развития.

Анализ взаимосвязи динамики роста побегов с погодными условиями показал, что величина суточного прироста не зависит от количества атмосферных осадков (рис. 3). Что, безусловно, связано с искусственной системой управления влагообеспечением культивируемых растений в условиях парковых сообществ. Оценка влияния температурного режима выявила достаточно заметную связь динамики суточного прироста побегов с показателем суммы положительных температур (рис. 4). При этом в первой половине периода роста побегов до конца мая температурный режим оказывал более существенное влияние на динамику прироста побегов. Коэффициент корреляции суммы положительных температур со средним показателем суточного прироста побегов составила: *A. julibrissin* $r = 0,531$, *A. kalkora* $r = 0,308$. Во второй половине периода роста побегов влияние температурного режима было существенно ниже и проявляется на уровне тенденций, для *A. julibrissin* положительная связь составила $r = 0,189$, для *A. kalkora* $r =$

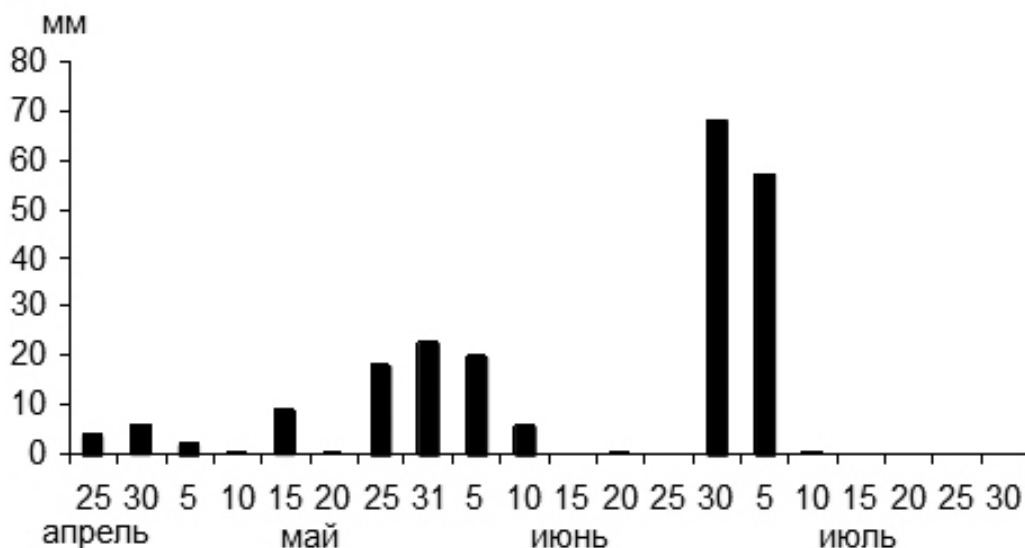


Рис. 3. Количество атмосферных осадков в период проведения наблюдений

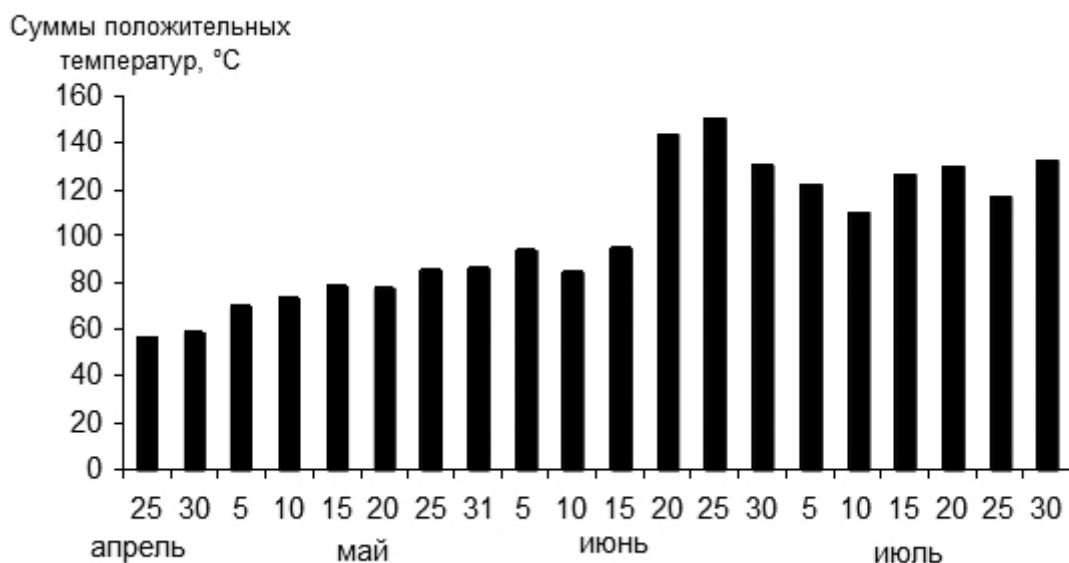


Рис. 4. Суммы положительных температур по периодам наблюдений

0,154. В начале вегетационного периода повышение температурного фона благоприятно влияет на процессы роста вегетативных органов, в дальнейшем увеличение температуры, особенно в дневное время суток, снижает активность фотосинтеза, что влияет на интенсивность формирования побегов.

Анализируя в целом особенности роста изучаемых видов декоративных растений в связи с динамикой климатических факторов следует отметить, что *A. julibrissin* наиболее эффективно реализует биоэкологический потенциал в приморской зоне ЮБК. Большая продолжительность периода роста побегов, повышенный уровень положительной реакции интенсивности их суточного прироста в связи с динамикой температурного режима отражают более высокую экологическую пластичность *A. julibrissin* в сравнении с *A. kalkora*. Очевидно, наряду с особенностями биоэкологических характеристик изучаемых видов определенное влияние на уровень адаптации *A. julibrissin* к местным условиям произрастания оказала также длительность ее культивирования в условиях ЮБК. В масштабе двухсотлетнего периода селекционный отбор

оказал непосредственное влияние на уровень биоэкологического соответствия интродуцируемых растений новым экологическим условиям произрастания.

В период проведения наблюдений первые признаки начала роста побегов *A. julibrissin* и *A. kalkora* в условиях прибрежной зоны ЮБК отмечались в третьей декаде апреля. Максимальный суточный прирост у изучаемых растений наблюдался в середине мая. Оценка действия климатических факторов выявила достаточно заметную связь динамики суточного прироста побегов с показателем суммы положительных температур. Наиболее существенное влияние на динамику роста побегов температурный режим оказывает в первой половине фенофазы их формирования. Большая продолжительность роста побегов *A. julibrissin*, повышенный уровень положительной реакции их суточного прироста в связи с динамикой температурного режима характеризуют более высокую экологическую пластичность данного вида в сравнении с *A. kalkora*. Двухсотлетний период интродукции *A. julibrissin* на ЮБК, селекционный отбор оказали влияние на уровень биоэкологического соответствия культивируемых растений новым экологическим условиям произрастания.

Список литературы

1. Анисимова А. И. Итоги интродукции древесных растений в Никитском ботаническом саду за 30 лет (1926–1955 гг.). том XXVII. Ялта. 1957. 240 с.
2. Антюфеев В. В., Казмирова Р. Н., Евтушенко А. П. Агроклиматические, микроклиматические и почвенные условия в приморской полосе Южного берега Крыма. Теоретические основы и практические рекомендации для рационального размещения растений при реконструкции насаждений. — Ялта, 2014. — 88 с.
3. Бескаравайная М. А., Григорьев А. Г. Листопадные деревья и кустарники для озеленения на юге СССР // Деревья и кустарники для озеленения на юге. Их биология и экология. Труды ГНБС. том I. вып. II. Ялта. 1972. 164 с.
4. Вазов В. И. Агроклиматическое районирование Крыма // Труды Никит. ботан. сада. — 1977. — Т. 70. — С. 92–120.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия. — М.: Высшая школа, 1990. — 352 с.
6. Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика изучения прироста древесных растений. — М.: Наука, 1967. — 100 с.
7. Селянинов Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата // Мировой агроклиматический справочник. Л.; М.: Гидрометеиздат, 1937. С. 5–27.
8. Плугатарь Ю. В., Корсакова С. П., Ильницкий О. А. Экологический мониторинг Южного берега Крыма. — Симферополь: ИТ «Ариал», 2015. — 164 с.

Биохимический состав и антиоксидантная активность плодов винограда в условиях г. Брест

Колбас Н. Ю.

Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина, Брест, Республика Беларусь, n.kolbas@gmail.com

Резюме. В статье дана краткая история интродукции винограда в Республике Беларусь и проанализированы перспективы его культивирования в условиях г. Бреста. Представлены данные о содержании пектинов (гидро — и протопектина), сахаров (в том числе редуцирующих), фенольных соединений, антоцианов в плодах винограда четырех сортообразцов и сорта Минский розовый. Антиоксидантная активность винограда оценена с помощью методов ABTS и FRAP.

Summary. Kolbas N. Y. A short history of the introduction of grapes in the Republic of Belarus is presented in this article. Prospects for the cultivation of grapes in the conditions of Brest are discussed. Data on the content of pectins (hydro — and protopectin), sugars (including reducing sugars), phenolic compounds, anthocyanins in the fruit of four grape varieties and Minskiy Rozoviy variety are presented. The antioxidant activity of grapes in this study is determined using ABTS and FRAP methods.

Введение

Виноград (*Vitis* L.) — одно из древнейших окультуренных человеком растений. В настоящее время общая площадь виноградников в мире составляет более 10 млн. га. Расположены они, главным образом, в странах южной и западной Европы (Испания, Франция, Италия, Греция, Болгария, Германия), Азии (Турция, Иран, Грузия, Армения), Африки (Алжир, ЮАР), Америки (США, Аргентина, Чили). История интродукции винограда в Беларуси тесно связана с его интродукции в соседней Польше. Стихийное появление винограда на наших землях отмечено в XIII-XIV веках благодаря интенсивному развитию торговли. Научное сортоизучение винограда в Беларуси началось с 1935 г. в Центральном ботаническом саду АН БССР [1] и продолжается до сих пор. В зависимости от дальнейшего использования винограда различают столовые, технические и универсальные сорта. Исходными видами для создания сортов, являются не только *V. vinifera* L. (европейская группа), но и *V. amurensi* Rupr. (восточно-азиатская группа), *V. labrusca* L., *V. riparia* Michx., *V. rotundifolia* Michx., *V. rupestris* Scheele., а также их гибриды. Последние составляют американскую группу видов, их особенно широко применяют в селекции холодостойких сортов и используют в качестве подвоя.

В настоящее время сотрудниками НИИ Плодоводства Беларуси создана ампелографическая коллекция, включающая около 300 сортообразцов, из них 22 сорта рекомендованы к возделыванию на территории РБ и 12 уже внесены в государственный реестр [1]. Все сорта винограда, включенные в реестр, рекомендованы для выращивания в Брестской области, что обусловлено в первую очередь климатическими особенностями региона.

Климат г. Бреста, как и всей РБ, — умеренно континентальный, сопровождается мягкой зимой и умеренно тёплым летом. Средняя температура января составляет $-2,6^{\circ}\text{C}$, июля $+19,3^{\circ}\text{C}$, среднегодовая — $+8,2^{\circ}\text{C}$, среднемесячная температура самого теплого месяца (июля) — $+19,3^{\circ}\text{C}$. Протяженность теплого периода в г. Бресте насчитывает 258–260 дней, а безмороз-

ного — 155–175 дней. Минимальная сумма активных температур, необходимая для нормального прохождения физиологических процессов и получения качественного урожая винограда, должна составлять 2200°C. Этот показатель для г. Бреста — 2400–2600°C, что позволяет большинству растений винограда не только нормально вегетировать, но и зимовать без укрытия.

Среднее годовое количество солнечных часов для г. Бреста составляет 1822, что достаточно для полного созревания ягод сортов винограда с коротким периодом вегетации (необходимый минимум 1300) [1]. По этому показателю территория г. Бреста соответствует такому региону как Токай (Венгрия, 1770 часов). Кроме того, климатические ресурсы виноградарства оценивают по величине гелиотермического индекса Брана. При этом, чем выше данный показатель, тем выше качество виноградной продукции. Так на территории Франции средние величины индекса изменяются от 3,0 на севере до 6,7 на юге страны. При значении индекса менее 2,6 культивирование винограда считается нецелесообразным [2]. Согласно литературным данным величина гелиотермического индекса юга Беларуси (в том числе и г. Бреста) составляет 4,5.

По сроку созревания сорта винограда делятся на семь групп: сверхранние (от распускания почек до полной зрелости ягод проходит до 105 суток), очень ранние (106–115), ранние (116–125), раннесредние (126–130), средние (131–135), среднепоздние (136–140) и очень поздние (более 141 суток). Вегетационный период в условиях г. Бреста длится 214 суток и, согласно с интродукционным районированием, данная территория относится к V^a району, самому теплomu и продолжительному в РБ. Плоды винограда, являются природным источником нутриентов и биологически активных веществ, одними из которых являются фенольные соединения (ФС). Экстрагируемые ФС содержатся в следующем соотношении: 10% в мякоти ягоды, 60–70% — в семенах, 28–35% — в кожце. Содержание и состав ФС в винограде красных сортов отличается от их содержания в белых сортах. Так ФС белого винограда представлены преимущественно эфирами кумаровой кислоты, катехинами и проантоцианидинами, а красных сортов — гидроксibenзойными и гидроксикоричными кислотами, проантоцианидинами, антоцианами и флавонолами [2].

Разнообразие биологически активных веществ в биохимическом составе плодов, обусловило широкое применение винограда и продуктов его переработки в медицине и фармакологии для лечения и профилактики заболеваний сердечно-сосудистой системы, атеросклероза, болезни Альцгеймера, различных типов рака, глаукомы и др. [3]. Необходимо отметить, что биохимический состав плодов винограда предопределен не только видом и сортом, но и зависит от климатических условий выращивания [2].

Целью данного исследования было изучить биохимический состав (содержание сахаров, в том числе редуцирующих, пектиновых веществ, ФС) и оценить антиоксидантную активность (АОА) плодов винограда, выращиваемого в условиях г. Бреста.

Материалы и методы

Объектами исследования были зрелые плоды винограда сорта Минский розовый и четырех сортообразцов *Vitis*: 2 из них антоциансодержащие (далее обозначены V-1 и V-2) и 2 — безантоциановые, так называемые белые (V-3 и V-4). Растения произрастают более 30 лет на территории отдела «Агробиология» Центра экологии БрГУ имени А. С. Пушкина (г. Брест). Сортообразцы характеризуются хорошей степенью вызреваемости лозы, высокой урожайностью, устойчивостью к болезням и вредителям, повышенной зимостойкостью и являются перспективными сортами смешанного использования. Отметим, что почва и водный режим стационара благоприятны для плантационного выращивания винограда.

Общее содержание растворимых сахаров определяли рефрактометрически с поправкой на температуру по ГОСТу [4] и выражали в г сахарозы в пересчете на 100 г сырых плодов. Индекс спелости рассчитывали как отношение общего содержания растворимых сахаров к титруемой кислотности. *Титруемую кислотность* рассчитывали в г винной кислоты на 100 г сырых плодов и определяли титрованием 0,1 н NaOH. Содержание редуцирующих сахаров определяли по реакции Фелинга [5].

Методика выделения и анализа пектиновых веществ была общепринятая [5]. Количество гидропектина и протопектина определяли Су-пектатным методом и выражали в пересчете на % пектата кальция.

Общее содержание ФС определяли спектрофотометрически с реактивом Folin-Ciocalteu [6], содержание антоцианов — рН-дифференциальным методом [7] и рассчитывали в мг мальвидин-3-О-глюкозида на 100 г плодов. АОА плодов была оценена с помощью двух методов: ABTS (от 2,2'-азинобис[3-этил-2,3-дигидро-6-бензотиазол-сульфокислота]) и FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) [8].

Все определения для каждого образца проводили в трехкратной повторности.

Результаты и их обсуждение

В плодах *Vitis*, как и в других сочных плодах, по мере созревания происходит накопление растворимых сахаров с одновременным снижением количества свободных органических кислот [2]. Индекс спелости, варьирует от 13,6 (Минский розовый) до 28,3 (сортообразец V-4), что позволяет утверждать о высокой степени зрелости. Эти же образцы характеризуются наибольшим содержанием растворимых сахаров. Необходимо отметить, что сортообразцы V-2 и V-1 (оба антоцианосодержащие) имеют наименьшее содержание редуцирующих сахаров, которое в целом варьирует от 11,02 до 19,1 г инвертного сахара/100 г сырых плодов. Для остальных сортообразцов значения параметра различаются незначительно.

Данные о биохимическом составе плодов винограда представлены в табл. 1.

Таблица 1
Биохимический состав плодов *Vitis*

Параметр	Сорт/сортообразец				
	Антоцианосодержащие			Белые	
	Минский розовый	V-1	V-2	V-3	V-4
N, шт	43	86	167	110	102
V сока, мл	64	34	59	45	59
РС	19,1±0,2	11,02±0,2	13,1±0,2	18,5±0,4	17,9±0,3
ОСРС, °Брикс	22,0±0,3	15,2±0,7	15,5±0,6	21,2±0,19	22,07±0,24
ТК	1,62±0,03	0,89±0,01	1,01±0,09	1,15±0,3	0,78±0,13
ИС	13,6	17,1	15,3	18,3	28,3
Гидропектин, %	1,10±0,01	1,30±0,2	1,40±0,04	1,27±0,02	0,67±0,10
Протопектин, %	0,61±0,03	0,69±0,02	0,38±0,01	0,36±0,06	0,45±0,04
Сумма пектиновых веществ	1,71±0,11	1,99±0,22	1,79±0,04	1,62±0,04	1,12±0,14
К	1,80	1,87	3,68	3,56	1,48
ФС	313,30±11,9	399,37±20,1	291,42±10,62	182,88±5,14	251,43±3,57
Антоцианы	0,83±0,04	4,04±0,45	0,86±0,07	–	–

Примечание: V-1, V-2, V-3, V-4 сортообразцы; N — количество ягод в 100 граммах; ТК — титруемая кислотность, в пересчете на г винной кислоты на 100 г сырых плодов; ОСРС — общее содержание растворимых сахаров, ИС — индекс спелости; РС — содержание редуцирующих сахаров в г инв. сахара на 100 г сырых плодов; К — соотношение гидропектина к протопектину; ФС — содержание фенольных соединений в мг галловой кислоты на 100 г сырых плодов; концентрация антоцианов дана в мг мальвидин-глюкозида на 100 г сырых плодов

Содержание пектиновых веществ в плодах изученного винограда различается незначительно и составляет 1,12–1,99%. Доля растворимого пектина составила 0,67–1,4%, а протопектина — 0,36–0,69%. Наименьшее содержание общих пектинов — $1,12 \pm 0,14\%$, в том числе растворимых — $0,67 \pm 0,1\%$ выявлено для сортообразца V-4. По мере созревания плодов доля гидропектина в общей сумме пектиновых веществ повышается. Изученные образцы V-1 и V-4 характеризуются сбалансированным соотношением гидропектин/протопектин — 1,9 и 1,5, соответственно.

Благодаря низкому содержанию метокси-групп (не более 3,3–6,2%), виноградный пектин легко адсорбирует токсины, тяжелые металлы, радиоактивные вещества и способствует ускоренному выведению их из организма. Кроме того, пектины являются вспомогательным средством многих лекарственных форм и, тем самым, могут усиливать терапевтический эффект или снижать побочное негативное действие. Объем производства пектина в мире составляет приблизительно 28–30 тыс. т в год..

Наибольшее количество антоцианов содержится в плодах сортообразца V-1, что можно объяснить их наличием не только в кожице, но и мякоти, в отличие от V-2 и Минского розового.

Таблица 2
Антиоксидантная активность плодов *Vitis*

Сорт/сортообразец		метод ABTS ммоль ТЭ/100 г	метод FRAP ммоль Fe ²⁺ / 100 г
Антоциансодержащие	Минский розовый	0,670 a ±0,012	1,299 a ±0,111
	V-1	0,112 b ±0,011	0,305 b,c ±0,047
	V-2	0,260 c ±0,028	0,392 b ±0,058
	V-3	0,085 d ±0,004	0,272 c ±0,027
Безантоциановые	V-4	0,296 c ±0,030	0,350 b,c ±0,021

Примечание: V-1, V-2, V-3, V-4 сортообразцы; ТЭ — тролокс-эквивалент; a, b, c, d, — статистические различия в пределах метода при $p < 0,05$

АОА плодов винограда, оцененная методом ABTS, колеблется от 0,085 до 0,670 ммоль ТЭ на 100 г (табл. 2) и снижается в последовательности: Минский розовый > V-4 ≈ V-2 > V-1 > V-3. АОА по методу FRAP варьирует от 0,272 до 1,299 ммоль Fe²⁺ на 100 г и снижается в ряду: Минский розовый > V-2 ≈ V-4 > V-1 > V-3. В рамках данного исследования не установлена достоверная разница между АОА антоциановых и безантоциановых сортов *Vitis*. При этом, отмечена положительная корреляционная связь между содержанием ФС в плодах и проявляемой ими АОА.

Заключение

Впервые изучена АОА плодов четырех сортообразцов *Vitis* и сорта Минский розовый. Полученные нами результаты позволяют рекомендовать изученные сортообразцы для культивирования в условиях г. Бреста, для использования в качестве источников антиоксидантов (в первую очередь ФС) и легкодоступных пектинов.

Список литературы

1. Козловская З. А. [и др.]. Интродукция винограда и перспективы его выращивания в Беларуси. Веснік Палес. дзярж. універ., 2009, № 1, С. 37–43.
2. Ribèreau-Gayon P. [et al.] Handbook of enology. 2006, Vol. 2 The Chemistry of Wine Stabilization and Treatments, p. 444.
3. Fraga C. G. Plant phenolics and human health: biochemistry, nutrition, and pharmacology. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2010, p 594
4. Соки фруктовые и овощные. СТБ ГОСТ Р 51433–2007. Введен 29.12.2007, 12 с.
5. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М. : Агропромиздат, 1985, с. 255.
6. Waterhouse A. L. Determination of Total Phenolics. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, 2002, 11.1.1–11.1.8.
7. Giusti M. M. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, 2001, F1.2.1–F1.2.13.
8. Prior R. L. [et al.]. Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. J. Agric. Food Chem, 2005, Vol. 53, № 10, P. 4290–4302.

Салициловая и абсцизовая кислоты в листьях тюльпанов в связи с устойчивостью к грибным заболеваниям при выращивании растений без ежегодной выкопки

Кондратьева В. В., Семёнова М. В., Олехнович Л. С.,
Данилина Н. Н., Воронкова О. В.

Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН, Москва, Россия, lab-physiol@mail.ru

Резюме. Изучали динамику салициловой и абсцизовой кислот и углеводов в тканях листьев двух сортов тюльпанов, различных по устойчивости к грибным болезням на третий год вегетации без ежегодной выкопки. Выявлено, что у устойчивого сорта Showwinner уровень салициловой кислоты (СК), индуктора каскада протекторных реакций к концу вегетации вырос в 4 раза, а её антагониста абсцизовой кислоты (АБК) только в 1,6 раза. У менее устойчивого сорта Scarlet Baby содержание СК снижалось, а уровень АБК возрастал по мере развития грибной инфекции. Обсуждается роль СК и АБК в системе растение–патоген при создании многолетних цветников.

Salicylic and abscisic acids in the leaves of tulips in relation with the resistance to fungal diseases when growing plants without annual digging. Kondrat'eva V. V., Semenova M. V., Olecknovich L. S., Danilina N. N., Voronkova T. V. **Summary.** Dynamics of salicylic and abscisic acid and carbohydrates in the tissues of the leaves of the two varieties of tulips with different resistance to fungal diseases were studied in the third year of vegetation without the annual digging. It was revealed that the resistant variety Showwinner level of salicylic acid (SA) as an inducer of the cascade of reactions tread to the end of vegetation increased by 4 times, and its antagonist, abscisic acid (ABA) is only 1,6 times. The contents of SA decreased and the level of ABA increased with the development of fungal infection in less resistant varieties Scarlet Baby. The role of SA and ABA in plant-pathogen system discussed.

При создании многолетних цветников наряду с тщательным подбором видового и сортового ассортимента растений внедряются и новые методы их выращивания. Так, у тюльпанов луковицы остаются в земле в течение трех-пяти лет без ежегодной выкопки. Этот агротехнический прием менее трудоёмкий, но возникает ряд новых проблем, среди которых особое внимание следует обратить на устойчивость выращиваемых сортов к биогенному стрессу, одним из проявлений которого является грибная инфекция. Серая гниль, вызываемая *Botrytis tulipae* (Lib.) Lind. относится к самым распространенным грибным заболеваниям тюльпанов. Болезнь поражает все части растения и распространяется воздушным путём при повышенной влажности и пониженной температуре воздуха (около 10°C), особенно при загущенности посадок, которая характерна для многолетних клумб. Источником сохранения и передачи спор *Botrytis tulipae* являются зараженные растения и почва.

Ответная реакция растений на биогенный стресс — сложный каскадный процесс. Ключевым эндогенным сигналом, работающим в этой системе как медиатор экспрессии генов, является салициловая кислота (СК) [1]. Наряду с этим СК способствует формированию неспеци-

фической системной устойчивости к грибным патогенам. В этом процессе принимает участие ряд эндогенных фитогормонов, которые могут работать как синергисты или антагонисты. Так, абсцизовая кислота (АБК) негативно влияет на СК-инициируемый каскад протекторных реакций, но в то же время связана с включением механизма, оптимизирующего окислительный гомеостаз клеток [2]. На стабилизацию функций и целостности клеточных мембран влияет также уровень моносахаров и полисахаридов.

Целью нашей работы было изучение динамики фитогормонов (СК и АБК) и углеводов в тканях листьев двух сортов тюльпанов, различных по восприимчивости к грибным болезням на третий год вегетации без ежегодного выкапывания луковиц.

Объектами исследования служили два сорта тюльпанов из группы тюльпаны Кауфмана, близкие по габитусу растения, размерам и окраске цветка, продолжительности и срокам цветения, но различные по устойчивости к грибной инфекции: сорт Showwinner, (относительно устойчивый) и сорт Scarlet Baby (более поражаемый). Опыт проводился на экспериментальном участке отдела декоративных растений ГБС им. Н. В. Цицина РАН с 2013 по 2016 г. В процессе вегетации третьего года выращивания определяли содержание СК, АБК и углеводов в тканях здоровых листьев в начале цветения (24.04.2016), в конце цветения (05.05.2016) и в конце вегетации (01.06.2016).

Растительный материал фиксировали при -40°C и лиофилизировали. Экстракцию СК и АБК проводили из одной навески 80%-ным этанолом. Экстракт упаривали до водной фазы, которую делили на две равные по объему части. Далее очистку проводили для каждого гормона по методике, модифицированной в лаборатории экологической физиологии и иммунитета растений [3,4]. На заключительном этапе для качественного и количественного определения СК и АБК использовали метод ВЭЖХ на изократической системе «Стайер» по внешнему стандарту. Содержание углеводов определяли фотоколориметрическим методом по пикриновой кислоте [4].

Первые признаки поражения *Botrytis tulipae* появились в конце цветения, их интенсивность возросла к концу вегетации тюльпанов (01.06). Этому способствовала повышенная влажность воздуха и снижение среднесуточных температур в конце мая — начала июня 2016 года. Уровень СК в тканях листьев относительно устойчивого сорта Showwinner постепенно повышался, достигнув более чем четырехкратного увеличения к концу вегетации. Содержание АБК также увеличилось по мере старения листьев, но всего в 1,5 раза. У более поражаемого сорта Scarlet Baby уровень СК стал снижаться уже в конце цветения, а к началу июня был более, чем в 2 раза ниже исходного. Содержание антагониста СК, абсцизовой кислоты, возросло в 2 раза по сравнению с исходным у этого сорта. Существенных различий между сортами в динамике моносахаров и неструктурных полисахаридов не отмечено. Роль АБК в системе растение — патоген весьма неоднозначна [5]. Этот фитогормон с одной стороны блокирует СК-инициируемый путь протекторных преобразований, а с другой препятствует разрушению полисахарида каллозы, создающего физиологический барьер для распространения грибной инфекции. Оптимальный путь защиты от патогена часто определяется условиями окружающей среды и генотипом растения. Возможно, у более устойчивого к грибной инфекции сорта Showwinner каскад протекторных реакций инициируется салициловой кислотой, а антагонистическая роль АБК сведена к минимуму, и её увеличение в конце вегетации связано с возрастными изменениями тканей. У относительно поражаемого сорта Scarlet Baby СК-инициируемые протекторные реакции блокируются АБК, а АБК-зависимый путь блокирования инфекции, связанный с увеличением полисахарида каллозы, не достаточно эффективен, что косвенно может подтверждать динамика неструктурных полисахаридов, уровень которых мало меняется в процессе вегетации тюльпанов.

Итак, динамика фитогормонов в листьях тюльпанов в период вегетации, по всей вероятности, взаимосвязана с предрасположенностью тех или иных сортов к поражению грибными болезнями и может учитываться при подборе сортов тюльпанов для создания многолетних цветников.

Список литературы

1. Yang Y., Qi M, Mei C. Endogenous salicylic acid protects rice plants from oxidative damage caused by aging as well as biotic and abiotic stress. // *Plant J.* 2004; 40(6). P. 909–919. DOI: 10.1111/j.1365–313X.2004.02267.x
2. Audenaert K1, De Meyer GB, Höfte MM. Abscisic acid determines basal susceptibility of tomato to *Botrytis cinerea* and suppresses salicylic acid-dependent signaling mechanisms. // *Plant Physiol.* 2002. 128(2). P. 491–501.
3. Шелепова О. В., Кондратьева В. В., Воронкова Т. В. и др. Физиолого-биохимические аспекты длительного воздействия на растения мяты света неизменного спектрального состава. // *Бюлл. Гл. ботан. сада.* 2012. № 2. С. 68–73.
4. Кондратьева В. В., Семенова М. В., Воронкова Т. В., Шелепова О. В. Изменение некоторых физиолого-биохимических характеристик тканей почки возобновления тюльпана Эйхлера (*Tulipa eichleri* Regel) в процессе зимовки // *Научн. Вед. БГУ. (Естеств. науки).* 2011. № 3(98). Вып. 14/1. С. 339–345.
5. Максимов И. В. Абсцизовая кислота во взаимоотношениях растений и микроорганизмов // *Физиология растений*, 2009, Т. 56, № 6. — С. 824–835.

Эффективность применения микоризного биостимулятора Миконет при выращивании некоторых декоративных многолетников

Мартиросян Л. Ю.¹, Азарян К. Г.²

¹ Институт ботаники НАН РА, г. Ереван, Армения, lora.martirosyan@gmail.com

² Ереванский государственный университет, г. Ереван, Армения. keti.azaryan@mail.ru

Резюме. Изучено влияние микоризного препарата Миконет (МКН) на рост и развитие декоративных многолетников (*Aquilegia x hybrida* и *Echinacea purpurea*) при замачивании семян перед посевом, корней растений — перед пикировкой и высадкой в открытый грунт. Установлено стимулирующее действие микоризы на рост развитие исследуемых растений, на их декоративные качества и семенную продуктивность.

The effectiveness of Mikonet mycorrhizal biostimulant application in the cultivation of some ornamental perennials. Martirosyan L. U., Azaryan K. G. **Summary.** The influence of the mycorrhizal drug Mikonet (MKN) on the growth and development of ornamental perennials (*Aquilegia x hybrida* and *Echinacea purpurea*) was studied when the seeds were soaked before sowing, and the roots of the plants — before picking and planting in open ground. The stimulating effect of mycorrhizas on the growth of the investigated plants, their decorative qualities and seed productivity was established.

Производство доброкачественного посадочного материала с высокой приживаемостью для коллекций ботанических садов НАН РА и озеленения городов Армении является важной задачей. Для решения этой проблемы сотрудниками Института ботаники НАН РА и Ереванского госуниверситета в 2015 году начаты исследования воздействия регулятора роста Миконет (МКН) на рост и развитие некоторых многолетних цветочных растений. Миконет — индийский микоризный препарат, производимый фирмой Elegant India в виде черного порошка на основе древесного угля, содержащего споры эндомикоризного препарата *Rhizophagus irregularis* (форма Эндо, 3000 спор на 1 г и Гумат калия). Препарат стимулирует развитие эндомикоризы, способствуя созданию взаимовыгодного симбиоза для растения и гриба. Одновременно повышается устойчивость к засухе, грибковым болезням и нематодам. Миконет, содержащий споры эндомикоризных арбускулярных грибов семейства Гломус Генус — эффективный стимулятор роста растений для увеличения плодородия почвы, повышения урожайности, усиления иммунитета растений. Продукт безвреден для окружающей среды и для здоровья людей, животных и растений. Проведенные опыты с применением МКН выявили стимуляцию роста и развития, повышение урожайности и улучшение биохимических показателей в полевых условиях у тыквы, огурца, перца и подсолнечника (Азарян и др., 2016) [1].

В отделе интродукции растений Института ботаники НАН РА начаты аналогичные исследования. В качестве исследуемого материала были выбраны многолетние цветочные растения, довольно распространенные в садово-парковой культуре города Еревана — *Aquilegia x hybrida* hort., *Echinacea purpurea* L. Moench.

Виды рода *Aquilegia* (сем. *Ranunculaceae* Juss) — растения с толстым стержневым корнем. Стебли прямостоячие, разветвленные, высотой до 100 см. Листья с гибким черешком дважды или трижды тройко рассеченные с сизым налётом, стеблевые листья тройчатые, сидячие, очень декоративные до осени. Цветки правильные крупные, простые или махровые разной окраски (от чисто-белой и золотисто-жёлтой до сиреневой и розовой). Околоцветник двойной, чашелистики ярко окрашены, лепестки большей частью со шпорцем. Плоды — листовки. Семена мелкие, черные, блестящие, овальной формы. Цветут в мае-июне. Плоды созревают в июле.

Виды рода *Echinacea* (сем. *Asteraceae* Dum.) — растения высотой 90–100 см, с прямыми, разветвленными стеблями. Прикорневые листья длинночерешковые, широкоовальные, зазубренные; стеблевые — сидячие, ланцетные, шершавые. Корзинки крупные до 10 см в диаметре. Язычковые цветки пурпурные, опущенные, на верхушке заострённые, длиной 4, шириной 0,8 см; трубчатые цветки коричневые. Цветёт с июля по сентябрь в течение 60-и дней. Плоды крупные [2,5].

Над опытными растениями проводились фенологические наблюдения по методике, разработанной в Главном ботаническом саду РАН [4] для травянистых растений. Фенологические наблюдения дополнялись соответствующими биометрическими измерениями частей растений по методике Былова [3]. Посев семян производили по общепринятой методике, пикировку сеянцев — при появлении второго и третьего настоящего листа, высадку готовой рассады в открытый грунт — через 25–30 дней после пикировки. Тестирование МКН (0,01%) на эхинацею и аквилегию проводили по следующей схеме: замачивание семян перед посевом на 3 часа, затем погружение корневой системы в раствор на 4 часа перед пикировкой и полив сеянцев при высадке на постоянное место, итога в три приема.

Стимулирующее влияние препарата проявилось уже на стадии прорастания семян, причём особенно заметное у аквилегии, у которой массовая всхожесть отмечена на 6, а у эхинацеи на 3 дня раньше контроля. Кроме того в контроле проросло лишь 60%, а в варианте МКН — 90% высеванных семян. Аналогичная картина отмечена и в сроках появления первых настоящих листьев. Рост листовой пластинки был обусловлен её удлинением и расширением, что показывает активацию маргинальной меристемы, ответственной за рост листьев. Габитус опытных растений в конце вегетации отличался от контроля как по высоте, так и по диаметру кустов, что повысило декоративные качества исследуемых растений (табл. 1). МКН способствовал также повышению приживаемости сеянцев, благодаря чему у опытных растений выпадения после высадки на постоянное место практически не наблюдалось.

Таблица 1

Некоторые показатели развития многолетников 1-го года жизни

Название растения		<i>Aquilegia</i>		<i>Echinacea</i>	
		контроль	МКН	контроль	МКН
Вариант					
Дата посева		05.02	05.02	05.02	05.02
Дата появления всходов		20.02	15.02	18.02	14.02
Дата массовых всходов		25.02	19.02	22.02	19.02
Дата появления 1-го наст. листа		29.03	25.03	24.03	21.03
Число высеванных семян		30	30	30	30
Число всходов		18	27	23	30
Размер 1-го настоящего листа (см)	длина	1,5	1,7	2,9	3,6
	ширина	1,8	2,1	1,7	2,3
Высота растений в конце вегетации (см)		13	16	17	24
Диаметр куста в конце вегетации (см)		15	18	15	21

Таблица 2

Основные биометрические показатели исследуемых многолетников

Наименование растения	Вариант	Диаметр куста (см)	Высота растения без цветоноса (см)	Высота цветоноса (см)	Размер листовой пластины (см)	Диаметр цветка (см)	Длина корневой системы (см)	Диаметр корне вой шейки (см)	Вес 1000 семян (г)
<i>Aquilegia x hybrida</i>	Контроль	32	18	60	4,2×4,4	3,43	19–22	0.6–0.8	1,295
	МКН	58	34	77	4,9×5,5	3,3	26–30	1.2–1.4	2,122
<i>Echinacea purpurea</i>	Контроль	48	23	82	17×3,3	11	18–21	0.8–1.0	3,139
	МКН	83	34	112	37×6,2	15	21–24	1.0–1.3	3,683

Опережающие темпы развития опытных растений сохранились и на второй год развития растений, что проявилось в значительном росте всех изученных показателей, — диаметра (на 81%) и высоты куста (на 88%) у аквилегии и соответственно на 72,9% и 47,8% у эхинацеи и по высоте цветоноса (табл. 2). Столь заметное утолщение корневой шейки повышает устойчивость закрепления растения в грунте. Активировалась деятельность апикальной меристемы, что способствовало удлинению стебля и корня, одновременное их утолщение и усиленное ветвление было проявлением активизации камбия. Благодаря этому наблюдалось обильное и длительное цветение.

На втором году жизни отмечено значительное разрастание корневой системы, что является результатом сильной деятельности микоризы (рис. 1) что привело к усиленному развитию надземной массы. У аквилегии длина главного корня колебалась в пределах 20 см, причем наблюдалось его интенсивное ветвление. Диаметр корневой шейки обработанных растений достигал

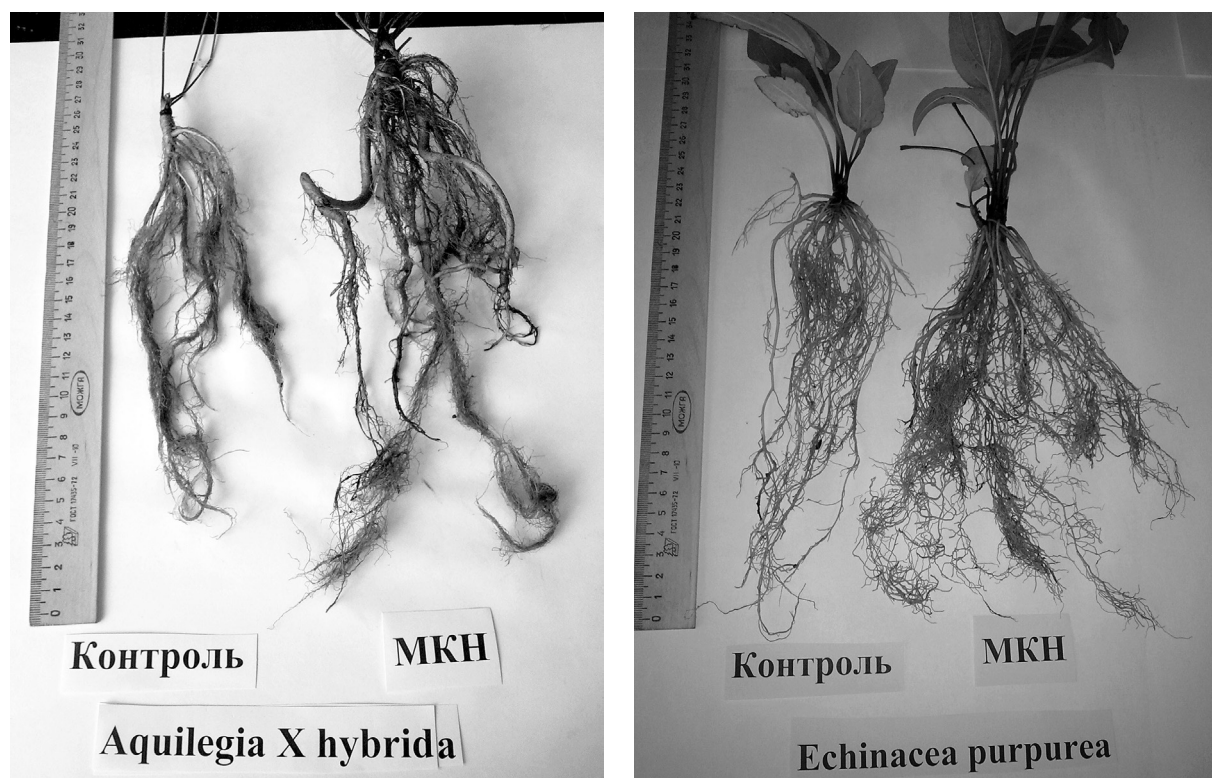


Рис. 1. Корневая система исследуемых растений в сравнении с контролем

1,3 см при 0,7 см в контроле. У эхинацеи разница в диаметре стебля была несколько меньше — 1,2 см при 0,9 см в контроле, а в длине корня 23 см при 20 см соответственно.

МКН повышал также семенную продуктивность опытных растений. Следует отметить, что у эхинацеи наблюдалось разрастание цветка примерно на 30%, что привело к значительному росту семенной продуктивности на 39%, тогда как у аквилегии — на 17%. Вес 1000 семян при влажности 48% у аквилегии в состоянии покоя соответственно составлял в контроле 1,295 г, у обработанных — 2,122 г, а у эхинацеи соответственно 3,139 и 3,683 г.

Следовательно, обработка биостимулятором способствовала завязыванию большего числа крупных и полновесных семян. Опытные растения отличались своей высокой декоративностью, жизнестойкостью и сохраняли свои декоративные качества на 8–10 дней дольше контроля.

Подводя итоги двухлетнего тестирования микоризного препарата МКН на аквилегии и эхинацее можно заключить, что препарат активизировал меристематическую активность опытных растений благодаря образованию микоризы на корнях этих растений. Обработка миконетом вызывала существенную стимуляцию всех жизненных процессов этих культур, а также значительно повлияла на повышение их декоративных качеств, что в свою очередь решает основную задачу декоративного цветоводства. Перечисленные результаты исследований позволяют рекомендовать применение данного биостимулятора для широкого использования в декоративном цветоводстве.

Список литературы

1. Азарян К. Г., Тадевосян Л. М., Трчунян А. А. Испытание микоризных препаратов Мицефита и Миконета при выращивании огурца. Овощи России, 2016. № 2, С. 74–77.
2. Ботяновский И. Е., Бурова Э. А., Грищик Л. Ф. Справочник цветовода (цветочно-декоративные растения открытого грунта). Минск, 1985, С. 21–22, 124–125.
3. Былов В. Н. Основы сортоизучения и сортооценки декоративных растений при интродукции. Бюл. ГБС, 1971. Вып. 81, М., С. 69–77.
4. Карписонова Р. А. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. Бюлл. ГБС, вып. 113, М., 1979, С. 3–8
5. Киселёв Г. Е. Цветоводство. М., 1952, С. 482–483.

Эколого-физиологические особенности некоторых редких псаммофильных видов растений Армении в условиях *in situ* и *ex situ*

Овакимян Ж. О.

Институт ботаники НАН Республики Армения, Ереван, Армения, jannagevorg@mail.ru

Резюме. Исследованы эколого-физиологические особенности некоторых редких псаммофильных видов растений Армении, включенных в Красную книгу РА, в том числе *Calligonum polygonoides*, *Astragalus paradoxus* и *Scorzonera gorovanica*. Мы считаем, что каждый из исследованных видов в течение длительного периода приспособился к современным условиям существования и занял определенную экологическую нишу, используя для этого свои механизмы регуляции водного режима, интенсивности транспирации и фотосинтеза. Однако, при этом все данные виды обладают определенной экологической пластичностью, что позволило им приспособиться к новым, отличающимся условиям в Ереванском ботаническом саду.

The ecological and physiological features of some rare psammophilous plant species of Armenia under *in situ* and *ex situ* conditions. Hovakimyan Zh. H. **Summary.** The ecological and physiological features of some rare psammophilous plant species of Armenia, included in the Red Book of the RA, *Calligonum polygonoides*, *Astragalus paradoxus* and *Scorzonera gorovanica* have been investigated. Each of the studied species has adapted to the current conditions of existence for a long period and has occupied a certain ecological niche, using its mechanisms for regulating the water regime, the intensity of transpiration and photosynthesis for this purpose. However, all these species have a certain ecological plasticity, which allowed them to adapt to new, different conditions in the Yerevan Botanical Garden.

Сохранению растительного мира в настоящее время уделяется огромное внимание, что проявляется как во внутренней жизни подавляющего большинства стран мира, так и в сфере международного сотрудничества. Задача сохранения растительного разнообразия в *in situ* и *ex situ* условиях является одной из важнейших и для Армении (Акопян, 2008). В последние годы на основе анализа распространения в Армении редких и исчезающих видов растений и животных, включенных в Красную книгу РА (Таманян et al., 2010; Aghasyan, Kalashyan, 2010), выделены «горячие точки» биоразнообразия, приводятся предложения по изменению и дополнению сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) республики, что позволит создать условия для более успешного сохранения редких и исчезающих видов флоры и фауны Армении (Файвуш и др. 2011). В результате проведенных исследований было показано, что очень большой интерес представляет Ереванский флористический район, как один из наиболее уязвимых в Армении. Псаммофитная пустыня в Ереванском флористическом районе имеет очень ограниченную площадь, встречаясь на небольших участках на Араратской равнине на высоте от 800 до 1000 м над ур. м. (Файвуш, Алексанян, 2016). Наиболее известный и лучше всего сохранившийся участок в окрестностях пос. Веди в настоящее время является государственным заказником «Горованские пески». Данная территория по богатству редкими и эндемичными видами растений и животных имеет глобальное мировое значение. Здесь представлены переходные формы от движущихся песков до каменистых и глинистых грунтов, а соответственно образуются псаммофильные и полупсаммофильные сообщества (Тахтаджян, 1972). Основными угрозами

для растительных сообществ здесь были вывоз песка для строительных целей, выпас скота и расширение сельскохозяйственных угодий близлежащих сел. В настоящее время эти угрозы на территории заказника практически отсутствуют. Еще одной угрозой может стать воздействие изменения климата на биоразнообразие и растительные сообщества (Fayvush, 2010).

Для наших эколого-физиологических исследований были выбраны три вида растений, произрастающие на кучевых песках на территории заказника «Горованские пески». *Calligonum polygonoides* L. — кустарник, встречающийся, кроме Армении, в Нахичеванской Республике, Иране, Ираке, Туркменистане и Пакистане. В Красную книгу Армении (Tamanyan et al., 2010) включен в категории «находящийся в критическом состоянии» (CR). *Astragalus paradoxus* Bunge — многолетнее травянистое растение, кроме Армении встречающееся в Нахичеванской Республике, северо-восточной Анатолии и северо-западном Иране. В Красную книгу Армении (Tamanyan et al., 2010) включен в категории «находящийся под угрозой исчезновения» (EN). *Scorzonera gorovanica* Nazarova — многолетнее травянистое растение, в Армении встречается в Ереванском (Горован, Веди, Арарат, Ерасх) и Дарелегисском (Вернашен) флористических районах. За пределами Армении произрастает в Нахичеванской республике. В Красную книгу Армении (Tamanyan et al., 2010) включен в категории «находящийся под угрозой исчезновения» (EN).

Эколого-физиологические исследования проводились в 2015–2016 гг. на предварительно выбранных пробных площадках на территории заказника «Горованские пески» и на экспозиционном участке «Флора и растительность Армении» Ереванского ботанического сада. Физиологические исследования проводились по общепринятым в физиологии методикам (Практикум по физиологии растений, 1982), в период интенсивного роста растений (май-июнь), в 3–4-кратной повторности. Определялись показатели водного режима растений, транспирации и интенсивность фотосинтеза. Целью исследования являлось изучение адаптивных механизмов редких видов и выявление воздействующих биотических и абиотических экологических факторов.

Полупустынный пояс Армении, где находится Ереванский ботанический сад, характеризуется резко континентальным климатом. Сравнительные данные по географическим и климатическим показателям Ереванского ботанического сада и заказника «Горованские пески» представлены в табл. 1 (Тадевосян, 2001).

Одним из важнейших физиологических показателей, приобретенных растениями в течение продолжительного периода существования в одних и тех же условиях и отражающих процесс адаптации, является водный режим (Кушниренко, 1988, Генкель, 1960). Результаты нашего исследования растений в различных климатических условиях и на разных высотах приведены в табл. 2.

Как видим, на участке «Флора и растительность Армении» Ереванского ботанического сада, в отличие от «Горованских песков», исследованные растения отличаются более высоким содержанием как общей, так и свободной и связанной воды, что, согласно Ахматову (1976), является показателем хорошей приспособленности растений. При этом в Ереванском ботаническом саду у всех исследованных растений отмечен более низкий водный дефицит. Учитывая произрастание исследуемых растений исключительно в ксерофитных *in situ* и *ex situ* условиях, можно предположить, что у них выработались соответствующие структурные и метаболические приспособительные механизмы, сокращающие расход воды. Ксерофитная структура всегда связана с высокой концентрацией клеточного сока и повышенным осмотическим давлением, из-за чего растения-ксерофиты лучше поглощают доступную воду. Кроме того, в их клетках работают гидрофильные коллоиды, которые могут связывать воду и сохранять водные ресурсы для экономичной транспирации (Кочарян, Минасян, 1988).

Большинство ксерофитных растений имеют типичный C_4 фотосинтез, осуществляющийся при закрытых днем устьицах, что уменьшает потери воды в ходе транспирации. Основной причиной сокращения потребления воды у C_4 растений является высокая устойчивость устьиц к диффузии газа. Благодаря высокой термостабильности таких растений, интенсивность фотосинтеза у них не падает, а потребление воды значительно сокращается, что указывает на высокую эффективность использования воды (табл. 3). Как видим, интенсивность фотосинтеза и содержание хлорофилла увеличиваются в зависимости от высоты местности над уровнем моря.

Эти показатели были значительно выше в условиях *ex situ* в Ереванском ботаническом саду, чем в естественных условиях произрастания на «Горованских песках».

Наши наблюдения показали, что кажущаяся небольшой разница в климатических показателях Ереванского ботанического сада и заказника «Горованские пески» оказывает весьма серьезное влияние на фенологию и физиологию исследованных растений. Было установлено, что вегетация исследованных растений в Ереване начинается на 25 дней, а генерация на 50 дней позже, чем в условиях *in situ*. Очевидно, это связано с большой разницей климатических показателей именно в весенний период. Однако, при этом в Ереванском ботаническом саду отмечаются большее содержание воды в растениях, меньший водный дефицит и большая интенсивность транспирации и фотосинтеза. Это приводит к лучшей эффективности и росту проростков растений в условиях Ереванского ботанического сада. Регулирование физиологического гомеостаза происходит благодаря сложным механизмам взаимодействия между отдельными показателями, что приводит к уникальным комплексам внутренних факторов растений, обеспечивающих их рост и развитие (Генкель, 1982).

Таблица 1

Некоторые географические и климатические показатели заказника «Горованские пески» и Ереванского ботанического сада

Параметры	«Горованские пески»	Ереванский Ботанический сад
Высота над ур. м. (м)	800–1000	1200–1250
Среднегодовая температура	12°C	11°C
Абсолютный T _{max}	42°C	40°C
Абсолютный T _{min}	–25°C	–27°C
Количество осадков (мм)	200–300	300–360

Таблица 2

Показатели водного режима и транспирации исследованных видов растений

Виды	Общая вода, % сыр. вес (M, m)	Свободная вода, % сыр. вес (M, m)	Связанная вода, % сыр. вес. (M, m)	Свободная /связанная	Водный дефицит, % на сыр. вес	Интенсивность транспирации, мг/г сыр. вес, час
Ереванский ботанический сад (1250 м над ур. м.)						
<i>Astragalus paradoxus</i>	80,94	30,54	50,4	1	44,00	584,5
<i>Calligonum polygonoides</i>	77,18	28,66	48,52	1	36,33	500,2
<i>Scorzonera gorovanica</i>	79,68	30,57	49,11	1	45,66	570,2
Горованские пески (800–1000 м над ур. м.)						
<i>Astragalus paradoxus</i>	79,74	28,94	50,8	1	48,00	484,5
<i>Calligonum polygonoides</i>	75,16	26,46	48,7	1	38,33	400,2
<i>Scorzonera gorovanica</i>	77,98	28,68	49,3	1	48,66	470,2

Таблица 3

Содержание хлорофилла и интенсивность фотосинтеза у исследованных растений

Виды	Хлорофилл «а» мг/г сух. в-ва	Хлорофилл «б» мг/г сух. в-ва	Хлорофил а+б мг/г сух. в-ва	Хлорофилл а/б мг/г сух. в-ва	Интенсивность фотосинтеза, мг/дм ² , час
Ереванский ботанический сад (1250 м над ур. м.)					
<i>Astragalus paradoxus</i>	3,95	2,96	6,91	1,3	15,8
<i>Calligonum polygonoides</i>	3,24	2,52	5,76	1,2	11,6
<i>Scorzonera gorovanica</i>	4,17	2,76	6,93	1,5	13,9
«Горованские пески» (800–1000 м над ур. м.)					
<i>Astragalus paradoxus</i>	3,55	2,36	5,91	1,5	12,6
<i>Calligonum polygonoides</i>	2,94	1,72	4,66	1,7	9,8
<i>Scorzonera gorovanica</i>	3,87	1,96	5,83	1,9	10,7

Таким образом, мы считаем, что каждый из исследуемых видов в течение длительного периода приспособился к современным условиям существования и занял определенную экологическую нишу, используя для этого свои механизмы регуляции водного режима и интенсивности транспирации и фотосинтеза. Однако, при этом все исследованные виды обладают определенной экологической пластичностью, что позволило им приспособиться к новым, отличающимся условиям в Ереванском ботаническом саду.

Исследование выполнено при финансовой поддержке ГКН МОН РА в рамках научного проекта «15Т-1F 327».

Список литературы

1. Акопян Ж. А. Сохранение разнообразия флоры Армении в Ереванском ботаническом саду — история и перспективы. Актуальные проблемы ботаники в Армении. Матер. междунар. конференции. Ереван. 2008, с. 53–56.
2. Ахматов К. А. Адаптация древесных растений к засухе. Фрунзе. Илим. 1976. 199 с.
3. Генкель П. А. Физиология жаро — и засухоустойчивости растений. М.: Наука, 1982, 280 с.
4. Гусев Н. А. Некоторые методы исследования водного режима растений. Л. ВБО. 1960. 61 с.
5. Кочарян Н. И., Минасян С. А. Водный режим и осмотическая регуляция галофитов Араратской равнины в связи с эволюцией. Инст. бот. АН Арм ССР. Тезисы докладов науч. конф. по проблеме «Физиологические и экологические аспекты эволюции основных жизненных форм покрытосеменных». Ереван, 1988, с. 57–59.
6. Кушниренко М. Д. Водный обмен и адаптация растений к засухе. Алма-Ата, 1988, 474 с.
7. Практикум по физиологии растений. М. Колос. 1982. 168 с.
8. Тадевосян Т. Л. Сохранение редких и исчезающих псаммофильных видов флоры и растительных сообществ Араратской котловины. Автореф. дис. канд. биол. наук. Ереван, 2001, 25 с.
9. Тахтаджян А. Л., Федоров Ан. А. Флора Еревана. Л.: Наука, 1972, 372 с.

10. Файвуш Г. М., Балоян С. А., Варданян Ж. А., Калашян Н. О., Таманян К. Г. К вопросу усовершенствования сети особо охраняемых природных территорий Армении. Тахтаджания, 2011, вып. 1, с. 185–189.
11. Файвуш Г. М., Алексанян А. С. Местообитания Армении, Ереван, 2016, 360 с.
12. Fayvush G. (coord.): Climate change impacts, vulnerability assessment and adaptation. Second National Communication on Climate Change under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Yerevan: 2010, p. 47–77.
13. Tamanyan K., Fayvush G., Nanagulyan S., Danielyan T. (eds.). Second edition: The Red Book of Plants of the Republic of Armenia. Higher Plants and Fungi. Yerevan. 2010, 592 p.
14. Aghasyan A., Kalashyan M., Danielyan T. (eds.). Second edition: The Red Book of Animals of the Republic of Armenia. Yerevan, 2010, 368 p.

Инсектицидная активность меланиногенных штаммов *Bacillus thuringiensis*

Овсепян А. С.¹, Аветисян С. В.¹, Тадевосян П. Е.¹, Азарян К. Г.²,
Колоян А. О.¹, Филипена В. Л.³, Чижик О. В.³

¹ НПЦ «Армбиотехнология» ГНКО НАН РА, Ереван, Армения, anichka_h@mail.ru

² Ереванский Государственный Университет, Ереван, Армения

³ Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь.

Резюме. У различных штаммов *Bacillus thuringiensis*, отличающихся спектром инсектицидного действия, получена коллекция мутантов, синтезирующих водорастворимый меланин. Показано, что синтез меланина у выделенных мутантов *B. thuringiensis* не влияет на характер и уровень споро — и кристаллообразования, однако вирулентность этих штаммов заметно повышается. Повышение инсектицидной активности у меланинсинтезирующих мутантов является следствием фотопротекторного свойства пигмента, защищающего споры и кристаллы инсектицидных штаммов от разрушающего действия УФ-радиации и инсоляции.

Insecticidal activity of melaninogenic *Bacillus thuringiensis* strains. Hovsepyan A. S., Avetisyan S. V., Tadevosyan P. Ye., Azaryan K. G., Koloyan H. O., Filipenia V. L., Chizhik O. V. **Summary.** A collection of water-soluble melanin-synthesizing mutants of *B. thuringiensis* strains differing by the spectrum of insecticidal activity has been obtained. It was shown that melanin synthesis in isolated mutants of *B. thuringiensis* did not affect the character and level of spore — and crystal-forming, however virulence of these strains significantly increased. Increase of the insecticidal activity in melanin-synthesizing mutants is a result of a photoprotective property of the pigment protecting spores and crystals of insecticidal strains from a destructive action of UV-radiation and insolation.

В последнее время в области биотехнологии особое внимание уделяется биополимерам — веществам с широким спектром биологической активности. К таким биологически активным соединениям относятся меланины, которые нашли широкое применение в медицине, фармакологии, косметологии, сельском хозяйстве и пищевой промышленности.

Одним из проявлений протекторных функций меланина является его фотозащитное действие. Меланин является защитным агентом от вредного солнечного излучения [1].

Установлено, что высокая инсектицидная активность УФ-устойчивых мутантов *B. thuringiensis* по отношению к различным сельскохозяйственным насекомым-вредителям (хлопковая совка, капустная моль, малый пятнистый мотылек) по сравнению с родительскими штаммами обусловлена синтезом меланина [2, 3]. Такой же фотозащитной способностью обладает меланин, синтезируемый УФ-устойчивым штаммом *B. cereus* 58. Продуцируемый красно-коричневый пигмент защищает кристаллические белки инсектицидов от дегградации [4]. Эти меланиногенные штаммы могут применяться в качестве биоинсектицида [5].

Целью настоящей работы явилось получение и изучение меланинсинтезирующих мутантов у других сероваров штаммов *B. thuringiensis*, отличающихся спектром энтомоцидного действия [6]. Способность таких штаммов к одновременному синтезу двух биологически активных веществ — меланина и инсектицидных токсинов — в одном производственном процессе несомненно обеспечит высокий уровень эффективности их использования.

Материал и методика. В работе использована коллекция музейных культур *B. thuringiensis* Центра Депонирования Микробов (отделение НПЦ «Армбиотехнология» НАН РА).

Для культивирования штаммов использовали мясо-пептонный бульон и мясо-пептонный агар.

Культуральную жидкость (КЖ) с целью определения вирулентности исследуемых штаммов получали ферментацией в среде следующего состава, %: БВК — 3,0; мука пшеничная — 1,2; отруби пшеничные — 0,3; NaCl — 0,2; CaCl₂ — 0,05. Ферментацию проводили при температуре 30°C в течение 48 часов на качалке со скоростью вращения 220 об/мин. Посевным материалом служили культуры, выращенные на среде: мясная вода — 100 мл; пептон — 10 г; дрожжевой экстракт — 1 г; NaCl — 5 г; агар-агар — 20 г, вода водопроводная — до 1 л.

Для оценки споро-кристаллообразования полученные КЖ изучали микроскопированием в световом фазово-контрастном микроскопе (БИОЛАМ ЛОМО). Подсчет титра спор осуществляли в счетной камере Горяева.

Мутагенизацию культур для получения меланиногенных штаммов проводили 1 — метил — 3 — нитро — 1 — нитрозогуанидином (НГ) фирмы Serva по известной методике [7].

Биологическую (инсектицидную, энтомоцидную) активность исследуемых штаммов по отношению к гусеницам златогузки (*Euproctis chrysorrhoea* L.) и непарного шелкопряда (*Ocneria dispar*) разных возрастов определяли по формуле Аббата [8], а также по значениям ЛК₅₀ на тутовом шелкопряде (*Bombyx mori*) (ТШ) и златогузке [9, 10].

Лабораторные испытания для определения инсектицидности штаммов проводили вскармливанием гусениц ТШ тутовыми, а гусениц златогузки дубовыми листьями, обработанными КЖ, полученной ферментацией исследуемых штаммов. При полевых испытаниях дубовые деревья высотой 2,5–3,0 метра (деляночный опыт) обрабатывали рабочими суспензиями исходных и мутантных штаммов. Плотность златогузки находилась в пределах экономического порога вредоносности вредителя [11]. Обработку проводили ранцевым опрыскивателем марки АО-2. Для определения эффективности опрыскивания проводили учет вредителей через 3, 7, 10, 12 дней. Учитывали живые гусеницы на 12-ти погонных метрах в разных местах кроны.

Статистическую обработку полученных данных проводили по Берстейну [12].

Результаты и обсуждение. С целью получения меланиногенных штаммов сохраняющих инсектицидную активность, были исследованы 85 штамма *B. thuringiensis* с разным спектром инсектицидного действия.

По признаку наибольшей эффективности споро — кристаллообразования были отобраны 18 штаммов разных сероваров *B. thuringiensis* со следующей характеристикой: количество свободных спор — 80–90%; количество кристаллов разных размеров — более 100%; неспорулирующие вегетативные клетки и спорующие клетки с кристаллами — 10–20%. Развитие культур — типичное для *B. thuringiensis*.

Для определения инсектицидной активности отобранных штаммов в лабораторных условиях КЖ испытывали на гусеницах златогузки разных возрастов. Биологическую эффективность определяли по проценту погибших особей.

На основании полученных результатов для дальнейших исследований были отобраны штаммы *B. thuringiensis* subsp. *galleriae* 69–6, *B. thuringiensis* Z — 52, HD-1(subsp. *kurstaki*) и 21 a (не идентифицирован).

Энтомоцидная активность этих штаммов дополнительно была проверена методом Кербера [9] — определением летальной концентрации, вызывающей гибель 50% особей (ЛК₅₀).

Эксперименты проводились на гусеницах ТШ третьего возраста и златогузки III–IV возрастов в трех повторностях (30 особей для каждого разведения). Учет погибших гусениц проводили в соответствии с динамикой развития вида насекомого: ТШ — через 1,2 и 3 сутки; златогузки — через 3, 6 и 8 суток. По полученным данным была рассчитана ЛК₅₀ (табл. 1).

Данные приведенные в табл. 1, подтверждают высокую биологическую активность отобранных штаммов *B. thuringiensis* против гусениц ТШ и златогузки, в результате чего они были отобраны для получения на их основе пигментообразующих мутантов.

Для определения вирулентности отобранных меланинсинтезирующих мутантов были проведены испытания в полевых условиях. С этой целью из бактериальной биомассы каждого штамма разведением водопроводной водой была получена рабочая суспензия с ориентировочным титром $4,0-5,0 \cdot 10^8$ спор/мл. Испытания проводились на гусеницах златогузки II-III возрастов и на непарном шелкопряде I-III возрастов. Вирулентность оценивали по проценту гибели насекомых. Результаты опытов в полевых условиях приведены в табл. 2

Таблица 1

Инсектицидная активность штаммов против гусениц тутового шелкопряда и златогузки

Штамм <i>B.thuringiensis</i>	Титр, млрд спор/мл	Инсектицидная активность. ЛК ₅₀ , спор/мл.					
		Гусеницы тутового шелкопряда III возраста			Гусеницы златогузки III-IV возрастов		
		Учет по дням					
		1	2	3	3	6	8
69-6	4,0	$6,8 \cdot 10^7$	$1,4 \cdot 10^7$	$4,3 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^7$	$1,8 \cdot 10^7$	$6,3 \cdot 10^6$
Z-52	5,1	$1,0 \cdot 10^8$	$2,0 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^7$	$5,7 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$
HD-1	5,5	$8,7 \cdot 10^7$	$2,4 \cdot 10^7$	$3,2 \cdot 10^6$	$6,2 \cdot 10^7$	$1,7 \cdot 10^7$	$3,0 \cdot 10^6$
21 a	5,1	$5,9 \cdot 10^7$	$8,7 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^7$	$4,0 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$

Таблица 2

Сравнительная инсектицидная активность исходных штаммов *B. thuringiensis* и их меланиногенных мутантов по отношению к гусеницам златогузки.

Штамм <i>B. thuringiensis</i>		Титр рабочей суспензии, спор/мл	Гибель вредителя по дням учета, % (с поправкой на контроль)			
			3	7	10	12
<i>subsp.galleriae</i> 69-6	исходный	$4,4 \cdot 10^8$	30,2	48,4	67,3	68,2
	K1 pig	$4,2 \cdot 10^8$	32,1	53,1	74,4	76,0
<i>subsp.kurstaki</i> Z-52	исходный	$4,8 \cdot 10^8$	34,7	55,4	70,6	73,1
	Z11 pig	$5,0 \cdot 10^8$	36,4	58,2	78,5	81,0
21 a (не идентифицирован)	исходный	$4,4 \cdot 10^8$	32,4	50,2	65,6	70,6
	a8 pig	$4,6 \cdot 10^8$	34,3	51,7	67,7	72,1

Как видно из результатов табл. 2. инсектицидная активность меланиногенных мутантов *B. thuringiensis* по отношению к златогузке по сравнению с исходным штаммом не только не уменьшилась, но и заметно возросла.

Повышение инсектицидной активности наблюдалось и в случае испытания бактериальных суспензий на гусеницах непарного шелкопряда I-III возрастов.

Микроскопический анализ количества спор и формы кристаллов у исходных штаммов и пигментобразующих мутантов не выявил существенных отличий. Культуры всех мутантов содержали характерные для исходных штаммов короткие палочки в цепочках из двух-трех клеток, содержащих оформленные споры в количестве 90-95% и крупные кристаллы неопределенной формы.

Таким образом, хотя синтез меланина у исследованных штаммов *B. thuringiensis* не влияет на характер и уровень споро — и кристаллообразования, однако инсектицидная активность этих

штаммов заметно повышается. Известно, что споры и кристаллы *B. thuringiensis* высокочувствительны к УФ-облучению и солнечным лучам, и в полевых условиях быстро теряют инсектицидную активность [13]. Меланины, продуцируемые микроорганизмами, являются природными фотопротекторами и защищают клеточные компоненты, в том числе споры и кристаллы, от УФ-повреждений и отрицательного воздействия солнечных лучей [2,3]. В результате пролонгируется время действия и, следовательно, биологическая эффективность препаратов на основе инсектицидных штаммов.

Совмещение в одном штамме двух полезных свойств — инсектицидного и меланинсинтезирующего, позволило нам решить задачу стабилизации препарата.

Работа выполнена в рамках проектов № 13 РБ-063 и ANSEF — Plant 4720.

Список литературы

15. Барабой В. А. Меланин: структура, биосинтез, биологические функции. Укр. биохим. ж., 1999, Т. 71(4), С. 5–14.
16. Ruan L., Yu Z., Fang B., He W., Wang Y., Shen P. Melanin pigment formation and increased UV resistance in *Bacillus thuringiensis* following high temperature induction. Syst. Appl. Microbiol., 2004, Vol. 27(3), P. 286–289.
17. Saxena D., Ben-Dov E., Manasherob R., Barak Z., Boussiba S., Zaritsky A. A UV tolerant mutant of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* producing melanin. Curr. Microbiol., 2002, Vol. 44(1), P. 25–30.
18. Zhang J., Cai J., Deng Y., Chen Y., Ren G. Characterization of melanin produced by a wild-type strain of *Bacillus cereus*. Front. Biol. China., 2007, Vol. 2(1), P. 26–29.
19. Wan X., Liu H. M., Liao Y., Su Y., Geng J., Yang M. Y., Chen X. D., Shen P. Isolation of a novel strain of *Aeromonas media* producing high levels of DOPA-melanin and assessment of the photoprotective role of the melanin in bioinsecticide applications. J. Appl. Microbiol., 2007, Vol. 103(6), P. 2533–2541.
20. Бурцева Л. И., Штерншис М. В., Калмыкова Г. В. Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты. Под ред. Глупова В. В. — М.: Круглый год, 2001, 124 с.
21. Миллер Дж. Эксперименты в молекулярной генетике. М.: Мир, 1976, 436 с.
22. Трубникова И. В. Применение бактериальных препаратов против вредителей сельскохозяйственных культур (рекомендации). М.: Агропромиздат, 1989, 6 с.
23. Лескова А. Я., Рыбина Л. М., Строева И. А. Методические указания. Л.: Изд-во Всесоюз. НИИ защиты растений, 1984, 21 с.
24. Чил-Акопян Л. А., Хлистовский Е. Д., Адамян М. О., Киносян М. А. Определение инсектицидной активности культур *Bacillus thuringiensis* с использованием тутового шелкопряда, Биолог. журн. Армении, 1996, Т. 49(1–2), С. 57–61.
25. Рогачева А. Я. Экономические пороги вредоносности главнейших вредных видов насекомых и клещей. М.: Агропромиздат, 1986, 6 с.
26. Бернштейн А. Л. Справочник статистических решений. М.: Статистика, 1968, 162 с.
27. Blanco M. G. M., Wong L. J. G., Padilla C. R., Martinez H. Q. Evaluation of polymer-based granular formulations of *Bacillus thuringiensis israelensis* against larval *Aedes aegypti* in the laboratory, J. Am. Mosq. Control Assoc., 2002, Vol. 18(4), P. 352–358.

Изучение потенциала морозостойкости разных видов *Sorbus* в период оттепели

Ожерельева З. Е.

ВНИИ селекции плодовых культур, Россия, Орел, zoya.ozhereleva@mail.ru

Резюме. Исследования морозостойкости проводились на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ФГБНУ ВНИИСПК в 2014–2016 годах. Объектами исследований служили однолетние побеги *Sorbus* разного эколого-географического происхождения, произрастающие в дендрарии института. Исследовали в контролируемых условиях устойчивость морозостойкость в период оттепели зимой и устойчивость к возвратным морозам в конце зимы. В период резких перепадов температуры в зимний период в большей степени страдали почки. Ткани однолетних побегов проявили достаточно высокую морозостойкость. В результате моделирования возвратных морозов в конце зимы выявили морозостойкость у всех изученных видов. К группе морозостойких отнесены *Sorbus aria* (L.) Crantz, *Sorbus aucuparia* L., *Sorbus alnifolia* (Siebold. et Zucc.) K. Koch.

Study the potential frost resistance of different species of *Sorbus* in the period thaw. Ozherelieva Z. E. **Abstract.** The frost resistance were studied in the laboratory of physiology of resistance of fruit plants of Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding in 2014–2016. Annual shoots *Sorbus* species of different ecological and geographical origin growing in the arboretum of the institute were studied. The resistance frost hardiness during winter thaws and the resistance to returned frosts at the end of winter were studied under the controlled conditions. The tissues of the annual shoots showed really high frost resistance. As a result of the modeling of returned frosts at the end of the winter, frost hardiness was found the beside all of the studied species. In the group of frost hardy plants were included *Sorbus aria* (L.) Crantz, *Sorbus aucuparia* L., *Sorbus alnifolia* (Siebold. et Zucc.) K. Koch.

Введение

Основное средство оздоровления воздуха городов — широкое развитие системы зеленых насаждений. Многочисленными научными исследованиями установлена их решающая роль в улучшении состава воздуха — обогащении его кислородом и очищении от вредных примесей. Зеленые насаждения благотворно влияют на температурный режим и влажность воздуха, защищают от сильных ветров, уменьшают городской шум. Зеленые массивы того или иного функционального назначения являются органической частью города как в границах застройки, так и за ее пределами.

При подборе ассортимента древесных растений для создания устойчивых ландшафтных композиций, наряду с декоративностью, одним из основных свойств их, обуславливающих широкое введение их в культуру в средней полосе России, является их морозостойкость. Морозостойкость растений зависит от многих факторов: резкие перепады температур, высота снежного покрова, возраст, состояние растений и др. (Ожерельева, Павленкова, 2011; Ожерельева, Красова, Галашева, 2013, 2016; Юрова, 1979). В средней полосе России интродуценты в зависимости от их происхождения по-разному реагируют на низкие температуры в период оттепелей (Ожерельева, Богомолова, 2014; Ozherelieva, Prudnikov, Bogomolova, 2016).

Настоящая работа посвящена исследованию потенциала морозостойкости видов *Sorbus* разного эколого-географического происхождения в период оттепели методом искусственного промораживания.

Материалы и методика исследований

Определение морозостойкости проводили на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ФГБНУ ВНИИСПК в 2014–2016 годах. Объектами исследований служили 5 видов *Sorbus* разного эколого-географического происхождения, произрастающие в дендрарии института (табл. 1). Исследования проводились, согласно методическим рекомендациям (Тюрина и др., 2002). Определяли устойчивость в период трехдневной оттепели +2°C при понижении температуры до –25°C (III компонент зимостойкости) и при –30°C (IV компонент зимостойкости) после трехдневной оттепели +2°C и повторной закалки в конце зимы. Побеги срезали из расчета 5 шт. каждого вида древесных растений и помещали в полиэтиленовые пакеты. Опытный материал хранился при температуре –3°C. Скорость снижения температуры промораживания 5°C/час. Экспозиция промораживания — 8 часов. Затем проводили отращивание однолетних побегов в сосудах с водой и по степени побурения тканей оценивали повреждения на продольных и поперечных срезах по шкале: от 0,0 баллов — повреждений нет, до 5,0 — почки и ткань погибли. Оценку повреждений почек и тканей однолетнего побега проводили с помощью бинокулярного микроскопа МБС-2. Статистическую обработку результатов выполняли методом дисперсионного анализа с использованием компьютерной MS Excel (Доспехов, 1985).

Таблица 1
Объекты исследований

Вид	Эколого-географическое происхождение
Рябина американская <i>Sorbus americana</i> Marsch.	Северная Америка
Рябина мучнистая <i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz	Европа
Рябина обыкновенная <i>Sorbus aucuparia</i> L.	Передняя Азия, Кавказ, Европа (до Крайнего Севера)
Рябина ольхолистная <i>Sorbus alnifolia</i> (Siebold. et Zucc.) K. Koch	Дальний Восток
Рябина сибирская <i>Sorbus sibirica</i> Hedl.	Сибирь, Дальний Восток, Северная Монголия

Результаты и их обсуждение

Потеря морозостойкости растений, вышедших из периода глубокого покоя, происходит из-за начала ростовых процессов в период оттепели. Способность растений противостоять морозам во время оттепели имеет большое значение, особенно на фоне затяжных оттепелей (Ожерельева, Седов, 2015).

По результатам проведенного эксперимента после моделирования оттепели +2°C и последующего понижения температуры до –25°C (III компонент) в феврале высокую морозостойкость с незначительными повреждениями почек и тканей проявил вид *Sorbus alnifolia* (Siebold. et Zucc.) K. Koch. Морозостойкость с обратимыми повреждениями почек (не более 2,0 балла) показали рябины — *Sorbus aria* (L.) Crantz и *Sorbus aucuparia* (L.). Средний уровень морозостойкости почек при –25°C после трехдневной оттепели +2°C выявили у *Sorbus americana* Marsch., *Sorbus sibirica* Hedl. У них отметили повреждение почек от 2,8 до 2,9 балла. В период резкого перепада температуры кора и древесина в большей степени пострадали у *Sorbus sibirica* Hedl до 1,2 балла. Остальные изученные виды имели незначительные повреждения тканей однолетних побегов не более 1,0 балла. Древесина не повредилась морозом –25°C после трехдневной оттепели +2°C у следующих видов *Sorbus aria* (L.) Crantz, *Sorbus alnifolia* (Siebold. et Zucc.) K. Koch (табл. 2).

Дисперсионный анализ выявил существенное различие между исследованными видами *Sorbus* по степени повреждения почек, коры и древесины на 5% уровне значимости по III компоненту зимостойкости (табл. 2).

Оттепели в марте опасны для древесных растений, потому что они находятся в вынужденном покое, и повышение температуры в первую очередь активизирует ростовые процессы почек

(Ожерельева, Седов, 2015). В конце зимы в средней полосе России неоднократно наблюдаются оттепели, в результате чего растения могут снижать морозостойкость, но возвратные морозы не всегда причиняют существенный урон, так как снижение температуры происходит постепенное и морозостойкость восстанавливается.

В другом варианте опыта после трехдневной оттепели +2°C и повторной закалки (IV компонент зимостойкости) большинство все изученные виды *Sorbus* характеризовались морозостойкостью к возвратному морозу –30°C в конце зимы (март). Относительно высокую морозостойкость выявили у *Sorbus alnifolia* (Siebold. et Zucc.) K. Koch и *Sorbus aria* (L.) Crantz. У них отметили незначительные повреждения почек и тканей однолетних побегов не более 1,0 балла. Морозостойкость почек (повреждения не более 2,0 балла) в конце зимы проявили виды *Sorbus americana* Marsch., *Sorbus aucuparia* L., *Sorbus sibirica* Hedl. Кора и древесина однолетних побегов изученных видов имела незначительные повреждения не более 0,5 балла. При этом выявили, что у изученных видов *Sorbus* ткани однолетних побегов в меньшей степени теряли морозостойкость в период оттепели в конце зимы, чем почки (табл. 2).

Статистическая обработка полученных результатов искусственного промораживания выявила существенное различие между исследованными видами *Sorbus* только по степени повреждения почек на 5% уровне значимости по IV компоненту зимостойкости. Межвидовых различий по степени повреждения коры и древесины однолетних побегов у изученных видов *Sorbus* дисперсионный анализ не показал (табл. 2).

Таблица 2

Результаты искусственного промораживания видов *Sorbus*

Вид	III компонент зимостойкости –5°, –10°, +2°, –25°C	IV компонент зимостойкости –5°, –10°, +2°, –5°, –10°, –25°C
	средний балл повреждения почек, коры и древесины	
<i>Sorbus americana</i>	2,9 ; 1,0 ; 0,4	1,8 ; 0,5 ; 0,2
<i>Sorbus aria</i>	1,9 ; 0,5 ; 0,0	1,0 ; 0,5 ; 0,2
<i>Sorbus aucuparia</i>	1,2 ; 0,2 ; 0,2	1,2 ; 0,0 ; 0,1
<i>Sorbus alnifolia</i>	1,0 ; 0,3 ; 0,0	0,6 ; 0,0 ; 0,3
<i>Sorbus sibirica</i>	2,8 ; 1,2 ; 1,2	1,3 ; 0,2 ; 0,0
HCP ₀₅	1,0 ; 0,7 ; 0,6	0,7 ; F _φ < F _T

Следует отметить, что среди изученных видов наибольшей стабильностью морозостойкости почек и тканей однолетнего побега по годам (2014–2016 гг.) характеризовались *Sorbus aria* (L.) Crantz, *Sorbus aucuparia* L., *Sorbus alnifolia* (Siebold. et Zucc.) K. Koch. Данные виды, за исключением *Sorbus alnifolia* (Siebold. et Zucc.) K. Koch, произрастающей на Дальнем Востоке, имеют европейское эколого-географическое происхождение.

Выводы

В контролируемых условиях изучили потенциал морозостойкость в период оттепели зимой и устойчивость к возвратным морозам в конце зимы. В период резких перепадов температуры в зимний период в большей степени страдали почки у видов *Sorbus*. Ткани однолетних побегов проявили достаточно высокую морозостойкость у большинства изученных видов. В результате моделирования возвратных морозов в конце зимы выявили высокую морозостойкость у изученных видов *Sorbus aria* (L.) Crantz, *Sorbus alnifolia* (Siebold. et Zucc.) K. Koch. В результате исследований выявлены существенные различия между видами декоративных дре-

весных растений по степени повреждения почек, коры и древесины при III компоненте, по IV компоненту зимостойкости по степени повреждения почек.

По результатам искусственного промораживания к группе морозостойких видов в период оттепели отнесены *Sorbus aria* (L.) Crantz, *Sorbus aucuparia* L., *Sorbus alnifolia* (Siebold. et Zucc.) K. Koch, которые в среднем за 2 года проявили стабильную морозостойкость по III и IV компонентам зимостойкости.

Список литературы

1. Доспехов Б. А. Методика опытного опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Ожерельева З. Е., Павленкова Г. А. Потенциал устойчивости сортов сирени к низким температурам в осенне-зимний период [Электронный ресурс] // Современное садоводство — Contemporary horticulture. 2011. № 1. С. 1–4. URL: <http://journal.vniispk.ru/pdf/2011/1/5.pdf>
3. Ожерельева З. Е., Красова Н. Г., Галашева А. М. Изучение сорто-подвойных комбинаций яблони по компонентам зимостойкости [Электронный ресурс] // Современное садоводство — Contemporary horticulture. 2013. № 4. С. 1–10. URL: <http://journal.vniispk.ru/pdf/2013/4/1.pdf>
4. Ожерельева З. Е., Богомолова Н. И. Морозостойкость облепихи крушиновидной различного эколого-географического происхождения в условиях Орловской области [Электронный ресурс] // Современное садоводство — Contemporary horticulture. 2014. № 2. С. 43–48. URL: <http://journal.vniispk.ru/pdf/2014/2/22.pdf>
5. Ожерельева З. Е., Седов Е. Н. Зимостойкость генотипов яблони разной плоидности селекции ВНИИСПК // Селекция и сорторазведение садовых культур: матер. междунар. научно-практ. конф., посвященной 170-летию ВНИИСПК. Орел: ВНИИСПК, 2015. С. 145–147.
6. Ожерельева З. Е., Красова Н. Г., Галашева А. М. Морозостойкость яблони на карликовых подвоях [Электронный ресурс] // Современное садоводство — Contemporary horticulture. 2016. № 2. С. 35–41. URL: <http://journal.vniispk.ru/pdf/2016/2/22.pdf>
7. Тюрина М. М., Гоголева Г. А., Ефимова Н. В. и др. Определения устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях. М., 2002. 120 с.
8. Юрова Г. С. Декоративные кустарники — в сады и парки Орловщины // Селекция, сортоизучение, агротехника плодовых и ягодных культур. — Т. IX. — Ч. II. — 1979. — С. 81–90.
9. Ozherelieva Z., Prudnikov P, and Bogomolova N. (2016). Frost hardiness of introduced sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) genotypes in central Russia. Proc. Latvian Acad. SCI., Section B, Vol. 70, No. 2 (701), pp. 88–95.

О самоорошении растений

Прохоров А. А.

Ботанический сад Петрозаводского государственного университета, alpro@onego.ru;
Prochorov A. A.

Однажды, в конце 2012 года, один мой друг, «старый морской волк», спросил о канарских со- снах — *Pinus canariensis* C. Sm., орошающих почву в горах Тенерифа.

Вопрос был простой:

— А как они это делают?

Если бы не поиски непротиворечивого и полного ответа, то не было бы этого исследования. Тогда я не располагал информацией по данной теме, что оказалось очень кстати, ибо «науки, за- ключенные в книгах ... не так близки к истине, как простые рассуждения здравомыслящего чело- века относительно встречающихся ему вещей» (Рене Декарт). Через несколько часов сформи- ровалась гипотеза, имеющая физический смысл. Но не будем хронологичны. Поищем логику в жизни растений.

Физиологически активное высшее растение обычно неподвижно и, соответственно, адапти- ровано к этой неподвижности. Сотни миллионов лет эволюции обеспечили его всеми необхо- димыми адаптациями для получения требуемых для жизнедеятельности ресурсов с «доставкой на дом». Понятно, что в Карелии или в Сочи вся естественная растительность давно приспособилась к изобилию влаги. Однако если внимательно рассмотреть коллекции наших садов, то можно заметить наличие видов как из более влажных, так и из более засушливых областей Зем- ли. Ничего, справляются. И никто ничего не замечал, лишь редкие исследователи аридной фло- ры, бродя по пустыням и полупустыням удивлялись жизненным формам растений и прохлад- ной тени саксаула — «каждая туркменская овчарка и любое животное в пустыне знают, что лучшее спасение от зноя — тень саксаула».

А еще Л. С. Берг писал о прохладе русского леса. Да что там лес, вот возьмем «безкорневое» эпифитное растение *Tillandsia usneoides* L. — «испанский мох», до распространения кондицио- неров применявшийся для набивки особо прохладных матрасов, которые рекомендовалось ис- пользовать только в летние месяцы, чтобы не простудиться.

Обычно для того, чтобы обеспечивать себя водой растения могут: либо отрастить корни подлиннее, либо приспособиться дожидаться дождя или тумана. Но если ты вельвичия и жи- вешь в Намибии...

Да, дорогой читатель, **в атмосфере Земли всегда есть вода. Просто надо уметь ее готовить.**

Когда-то, в ныне исчезнувшем зимнем саду кинотеатра «Калевала», мы супругой трениро- вались определять жизненную силу растений по температуре ствола, наощупь. Времена изме- нились, инфракрасные термометры пришли на смену зеленой мозолистой руке садовника. И вот я прогуливаюсь по оранжереям Ботанического сада Петра Великого БИН РАН (Санкт-Пе- тербург), или совершаю променады от моря в глубь Субтропического ботанического сада Кубани (Сочи), с целью подтверждения гипотезы, состоящей в том, что *растения активно конденса- руют атмосферную влагу на своей поверхности за счет снижения температуры поверхности побегов и листьев ниже точки росы, при температуре воздуха выше точки росы, т. е. при отсут- ствии тумана. При этом под словом «активно» понимается:*

- как снижение температуры поверхности за счет физиологических и физических механизмов;
- так и увеличение объема конденсируемой воды за счет увеличения доступной для воздуха поверхности растения.

И подумалось, что это не игра природы, а обыденная жизнь большинства растений, ибо что растению делать ночью: спать, что ли? Пока нет солнца над листьями, вполне можно собрать воды и куда-нибудь ее припрятать.

Так оно и выходит. После захода солнца в июне на побережье моря Черного не было ни одной травинки и листика с температурой выше точки росы. Не ждали деревья и травы ненадежного утреннего тумана, а создавали его на своей поверхности, покрываясь влагой. Более того, днем при палящем солнце, листья укрытые тенью оставались прохладными. Так упомянутый выше «испанский мох», подвешенный в тени магнолий, весь день собирал влагу из воздуха и поглощал ее с помощью своих удивительных приспособлений. А стройным молодым сортовым туям и кипарисовикам с желтой и белопестрой хвоей даже солнце не было помехой. Разница температуры воздуха и поверхности растений достигала 20°C, а температура воздуха была 32°C.

В оранжереях БИНа все было аналогично. Следует заметить, что в этих оранжереях поддерживаются условия максимально близкие к родному климату растений по температуре и влажности. И вот в этих оптимальных условиях (а это вам совсем не Сочи) при отсутствии прямого солнечного освещения все (или почти все) растения имели температуру поверхности листьев, хвои или стеблей ниже точки росы. Особенно радовали своей способностью охлаждаться аборигены Канарских островов — драконово дерево, молочай канарский, сосна канарская и финик канарский. Их температура была на 3–6°C ниже точки росы. Вероятно, на Канарах очень плохо с водой.

Чувствую, что настало время для ответа на поставленный вопрос.

Густая и длинная ниспадающая хвоя сосны канарской, обитающей в монтеверде, т. е. на горных склонах Канарских островов, способна сорбировать достаточное количество влаги, что обеспечивает не только потребность самого растения, но и значительно повышает влажность почвы в монтеверде, что используется в лесном и сельском хозяйстве для выращивания растений, орошаемых с помощью сосны.

Сосна обитает в слое облаков, окружающих горные склоны и в этих условиях конденсация осуществляется за счет механической сорбции микрокапель воды. Это было известно и изучено. Однако в связи с суточным перемещением облачного слоя по горному склону, сосны оказываются вне облаков, и тогда снижение температуры хвои существенно увеличивает продолжительность конденсации воды. Кроме того, в процессе конденсации воды участвуют и другие представители растительного мира монтеверде.

Более того, охлаждение кроны сосен приводит к задержке облачного слоя непосредственно вблизи кроны и, вероятно, к наблюдаемому в этих условиях «горизонтальному дождю». Похоже, там много интересного с научной точки зрения, пора вернуться на Канары с приборами.

Правда, в полевых условиях трудно изолировать различные факторы и разобраться с механизмами явления, а судя по всему они разнообразны и удивительны. Подумаем и об этом.

Вся эволюция растений после выхода на сушу — это адаптация к недостатку воды и избытку солнечного света. При этом от солнца не укрыться, а до воды не дойти. Да еще из-за хлорофилла начинаешь поглощать в инфракрасном диапазоне. Становится жарковато.

Для растений существует две основных стратегии охлаждения поверхности, которые могут быть использованы одновременно или порознь — не нагреваться и быстро остывать. Растения, обитающие в аридных регионах или при высоком уровне инсоляции (высокогорья, морские побережья) от лишней жары защищаются растительными пигментами, восками, волосками и чешуйками, делающими поверхность светоотражающей. Уменьшение нагрева поверхности за счет отражения в инфракрасном диапазоне не позволяет растениям перегреться на солнце. Отсюда и серебристо-серое суккулентное фиторазнообразие пустыни Карру. Красиво, особенно весной в сентябре. Интересно проверить — существуют ли в защитном покрове растений «окна прозрачности» для доступа света нужной длины волны к хлорофиллу.

Но если все же нагреваешься, то надо увеличить интенсивность теплового излучения. Пожалуй, наиболее изысканным приспособлением такого рода является аккумуляция тепла в массивных плодах или в стеблях кактусов, которые интенсивно нагреваются на солнце. Тогда, после захода солнца вступает в силу непонятный, но неизбежный парадокс Мпембы, который гласит, что при определенных условиях горячая вода может замёрзнуть быстрее, чем холодная, хотя при этом она должна пройти температуру холодной воды в процессе замерзания. Сложно? А никто и не говорил, что наука это просто. Зато в этом случае становятся объяснимы тыквы, арбузы, дыни, стебли кактусов и молочаев, экзотические каудексы и баобабы. Запасая водой с углеводами, нагрелся на солнце как следует и быстренько остыл на закате, чтобы всю ночь конденсировать влагу на немалой своей поверхности, тут же поглощая ее.

Эффект Мпембы эффектен, но нужны и другие способы охлаждения, более активные. С 30-х годов XX века предполагается, что растения располагают механизмами транспирационного охлаждения. Известно, что температура транспирирующего листа растений по сравнению с температурой нетранспирирующих листьев (смазанных вазелином или отрезанных) оказывается существенно (до 16°C) ниже, что доказал немецкий ботаник Отто Ланге исследуя температуру поверхности листьев растений в Ботаническом саду Коста-Браво. С тех пор в экологической физиологии растений появилось понятие о супра — и субтемпературных растениях. Учитывая немецкую дотошность и аккуратность мне просто повезло, что Ланге не сопоставил температуру растений с точкой росы. Судя по климатическим данным этого региона, она была выше, чем температура листьев.

А может и транспирация не при чем. Существуют многочисленные растения, прежде всего суккуленты и ксерофиты, имеющие иной тип метаболизма, при котором устьица открываются в ночное время, а не днем. Следовательно, дневное охлаждение таких растений не может быть объяснено транспирацией. А в оранжереях БИНа они были холодные днем — молочай канарский, драконово дерево, агавы и прочие.

Недавно, британские ученые (не смейтесь), провели ряд исследований по конденсации атмосферной влаги на кактусах. Конденсация была зафиксирована и измерена. Однако истинный ученый, наблюдающий конденсацию воды на иглах кактуса должен был поставить ключевой опыт. У мамиллярии аккуратно срезали все колючки и конденсация воды уменьшилась почти в два раза. Первое, что приходит в голову — воспоминание об эффекте Кирлиан, биоэлектричестве и эмиссии электронов. Так ли это на самом деле, покажут дальнейшие исследования.

И спросил я себя — неужели явление самоорошения можно увидеть везде на Земле. И ответила база данных Weatherbase — практически, да!

Если растения, в среднем, имеют температуру поверхности на 10°C ниже температуры воздуха, то они достигнут точки росы не только в Сочи или Петрозаводске, но и в предгорьях Канарских островов и пустынях Карру и Атакама, и на Мангышлаке. Лишь в сердце Сахары и Аравийской пустыни, где средняя разница между температурой воздуха и точкой росы превышает 20°C, будет трудно найти растение способное конденсировать влагу из атмосферы. Но поискать стоит.

Только не думайте, что вы увидите явление самоорошения на своем подоконнике. Влажность 30% и температура 20°C — это хуже, чем в Сахаре ночью. До точки росы 17°C. Редкое растение преодолеет этот барьер.

Явление конденсации атмосферной влаги на охлажденных поверхностях растений встречается повсеместно, и имеет глобальное экологическое значение. В первую очередь, речь идет о механизме сохранения воды разнообразными растительными сообществами, в первую очередь — лесами. Не только атмосферная влага, но и транспирируемая вода возвращаются в экосистему за счет конденсации. Учитывая, что площадь поверхности листьев каждого дерева многократно превосходит площадь почвы, то следует пересмотреть существующие оценки экологического ущерба от уничтожения лесов. Ситуация может быть более удручающей и приводящей к ускоренному опустыниванию земель в субаридных условиях.

Для почвопокровных растений, корневая система которых зачастую не достигает глубоких водоносных слоев, самоорошение позволяет выдержать кратковременное высыхание поверхностных слоев почвы в дневное время или препятствовать такому высыханию.

В условиях тропических лесов для эпифитных растений самым стабильным источником воды является постоянно влажный воздух. Мы можем увидеть уникальные приспособления для конденсации и сбора атмосферной влаги не только у «атмосфериков» типа «испанского мха», но и у тех растений, которые способны конденсировать воду в «чашах» из сомкнутых или свернутых листьев.

Особое значение явление имеет для растений аридных экосистем. В дополнение к существующим механизмам адаптации — изменения метаболизма, морфологические изменения ксерофитного и суккулентного типа, растения обладают возможностью самоорошения за счет поддержания низкой температуры поверхности. Косвенным доказательством эволюционного значения данного фактора является форма пустынных кактусов, молочаев и других суккулентов, позволяющая конденсату стекать прямо к корням растений.

Итак, это явление не только меняет все наши представления об экологической физиологии растений, оно важно для мира растений. Более того, оно определяет возможность существования растений в крайне неблагоприятных условиях. Но что это даст человечеству?

Поиск и выявление суперохлаждающихся и самоорошающихся растений позволит выявить генетические ресурсы для этой работы. Например, в ботанических садах можно создавать коллекции растений, защищенных от естественных осадков. Изучение механизма явления позволит в дальнейшем осуществлять модификацию и селекцию растений с наиболее выраженным эффектом снижения температуры и наименьшей зависимостью от инсоляции. Новой задачей биотехнологий станет создание сортов с высочайшей засухоустойчивостью. А значит, можно будет предотвратить потерю урожаев из-за засухи.

А еще такие растения могут принести огромную пользу в борьбе с опустыниванием земель.

Компонентный состав эфирных масел новых гибридных форм *Nepeta* L.

Работягов В. Д., Палий А. Е., Хохлов С. Ю.

НБС — ННЦ РАН, г. Ялта, Россия onlabor@yandex.ru

Резюме. Приводятся данные по изучению гибридов котовника, полученных от скрещивания *Nepeta transcaucasica* x *N. grandiflora*. Дается краткое описание двух выделенных гибридов и их компонентный состав эфирного масла с содержанием цитронеллола до 85,0%, цитронеллаля до 17,0%, нерола до 2,1%, гераниала до 1,8%, нерала до 1,2%, гераниола до 2,4%.

Component composition of essential oils of new hybrid forms of *Nepeta* L. Rabotyagov V. D., Paliy A. E., Khohlov Y. S. **Summary.** The data on studing of *Nepeta* L. hybrids obtained from crossing *Nepeta transcaucasica* x *N. grandiflora* have been given. The brief description of two selected hybrids and their component composition of the essential oil with content of citronellol up to 85,0%, citronellal up to 17,0%, nerol up to 2,1%, geranial up to 1,8%, neral up to 1,2%, geraniol up to 2,4% has been given.

Род котовник (*Nepeta* L.) семейства Lamiaceae насчитывает более 200 видов. Трава котовника традиционно используется в народной медицине при лечении хронических бронхитов, катара желудка, болезней печени, женских болезней, атонии, малокровии, отдышке, спазмах; применяется как жаропонижающее, тоническое, потогонное и стимулирующее средство [3].

Наиболее широкие перспективы открываются для применения эфирного масла некоторых представителей рода *Nepeta* в парфюмерно-косметической промышленности [2, 7]. В настоящее время из природной популяции *N. transcaucasica* были выделены и введены в культуру несколько форм, отличающихся высоким содержанием таких ценных компонентов как цитраль, гераниол, геранилацетат, цитронеллол [8]. Эти вещества имеют приятный аромат и входят в состав высших парфюмерных композиций.

Знание особенностей химического состава эфирного масла конкретного вида рода *Nepeta* позволяет в значительной степени судить о перспективах его использования в различных отраслях деятельности человека [4, 5, 6]. Использование межвидовой гибридизации позволяет качественно по-новому подходить к вопросу получения новых гибридных форм котовника [1]. Цель исследований — изучить компонентный состав эфирного масла 6 межвидовых гибридов котовника, полученных от скрещивания *N. transcaucasica* x *N. grandiflora* и выделить перспективные формы.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в условиях ЮБК в Никитском ботаническом саду с 2012 по 2016 гг. Материалом для изучения служили гибридные растения, полученные от межвидовой гибридизации.

Учет урожая проводили в период массового цветения растений. Сырье срезали вручную и сразу же взвешивали. Массовую долю эфирного масла определяли методом гидродистилляции на аппаратах Клевенджера из свежесобранного сырья. Компонентный состав эфирного масла исследовали на хроматографе Agilent Technology 6890N с масс-спектрометрическим детектором 5973N. Условия анализа: хроматографическая колонка кварцевая, капиллярная

HP 5MS. Температура испарителя 250°C. Газ-носитель — гелий. Скорость газа носителя 1 мл/мин. Ввод пробы с делением потока 1/50. Температура термостата 50°C с программированием 3°C/мин до 220°C. Температура детектора и испарителя 250°C. Компоненты эфирных масел идентифицировали по результатам поиска полученных в процессе хроматографирования масс-спектров химических веществ, входящих в исследуемые смеси, с данными библиотеки масс-спектров NIST02 (более 174 000 веществ). Индексы удерживания компонентов рассчитывали по результатам контрольных анализов эфирных масел с набором нормальных алканов [11].

Результаты и обсуждение

В исследования компонентного состава эфирных масел гибридных форм котовника были вовлечены растения сорта Юбилей Вавилова — (контроль), и шесть новых гибридных форм, полученных в НБС-ННЦ. В создании котовника гибридного, в качестве одного из исходных родителей (материнская форма), был использован цитронеллольный клон котовника закавказского (*N. transcaucasica* № 776). В условиях ЮБК, среднее количество цитронеллола в эфирном масле растений сорта Юбилей Вавилова составляет 79,99% (min — 74.21%, max — 87.26%). Все отобранные нами новые гибридные формы унаследовали от родителя качественный состав эфирного масла. В составе эфирного масла идентифицирован 21 компонент, при доминировании 13 основных. Содержание основных компонентов зависит от фазы развития и условий конкретного года (табл. 1). Доминирующим компонентом эфирных масел новых гибридных форм является цитронеллол. Однако его количественное содержание у разных форм несколько различается. В результате обработки данных за 2012–2016 гг. нам удалось построить следующую диаграмму (рис. 1).

Таблица 1

Варьирование основных компонентов в эфирных маслах гибридных форм котовника

Компонент	Пределы варьирования содержание компонента (%)						
	контроль	форма 3	форма 4	форма 9	форма 10	форма 11	форма 12
β-пинен	0,24–0,41	0,14–0,46	0,10–0,15	–	0,10	0,11–0,16	0,13–0,43
сабинен	0,10–0,16	0,12–0,16	–	–	–	0,10–0,14	0,10–0,16
лимонен	3,13–6,06	0,11–0,13	4,84–6,64	6,61–10,03	0,81–2,19	7,21–10,27	0,10–0,81
1,8-цинеол	0,78–2,21	0,85–1,97	0,40–1,20	–	–	0,11–0,94	0,65–1,26
транс-β-оцимен	2,84–3,37	2,20–3,76	0,10–0,14	0,11–0,13	–	–	0,54–4,12
цитронеллаль	4,78–9,51	7,58–9,93	6,21–16,27	6,34–12,03	5,66–17,23	8,18–12,61	9,64–17,10
нераль	0,27–0,45	0,16–0,92	0,21–0,95	0,46–0,48	0,34–0,39	0,22–0,63	0,51–1,24
гераниаль	0,25–1,31	0,19–0,36	1,08–1,26	0,35–0,56	0,38–0,48	0,44–0,96	0,70–1,78
цитронеллол	74,21–87,26	76,95–90,60	68,40–73,34	70,13–86,18	75,65–93,13	72,18–86,02	61,17–75,38
нерол	0,22–0,56	0,31–0,64	0,39–0,84	0,37–0,56	0,26–0,31	0,18–0,30	0,67–2,11
гераниол	0,20–0,35	0,37–0,42	0,58–1,18	0,38–0,58	0,25–0,39	0,14–0,61	0,49–2,44
непетолактоны	1,81–2,41	1,44–2,93	0,57–1,51	–	–	2,21–5,11	1,87–4,02
цитронеллиацет	1,18–3,26	0,70–1,99	0,73–1,82	1,50–2,34	1,28–1,80	1,01–2,91	0,22–0,74

Предел варьирования относительно невелик (11,71%). Большая часть новых гибридов (4 из 6) уступает родительской форме по содержанию цитронеллола, две формы по данному показателю немного превосходят контроль. Общей особенностью эфирных масел всех гибридных котовников является низкое содержание непетолактонов. В результате 2-летних наблюдений

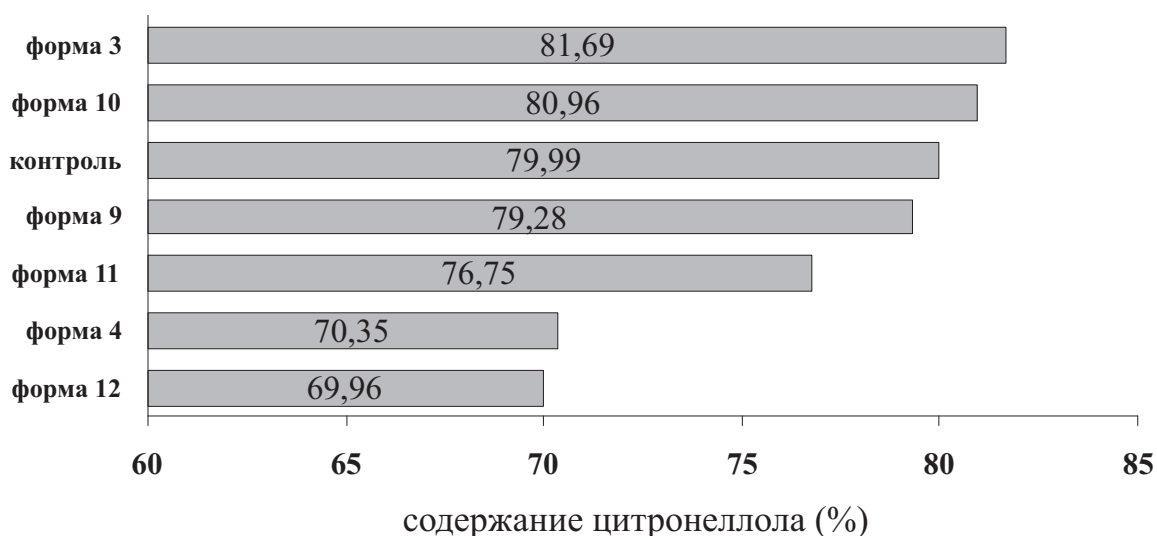


Рис. 1. Сравнительный анализ варьирования содержания цитронеллола в эфирных маслах новых гибридных форм и в контроле

установлено, что содержание данного класса соединений может варьировать в пределах: контроль — 1,81–2,41%; форма № 3 — 1,44–2,93%; форма № 4 — 0,57–1,51%; форма № 11 — 2,21–5,11%; форма № 12 — 1,87–4,02%. У гибридных форм № 9 и № 10 общее содержание непетолактонов составляет менее 0,15%.

С помощью отбора удалось выделить особи, не только не уступающие родителю, но и превосходящие его по рассматриваемому признаку. Ниже приводим описание лучших отобранных форм котовника, полученных от межвидовой гибридизации.

Сортообразец 10. Получен методом индивидуального отбора от межвидового скрещивания. Растение высотой 69–83 см, диаметром 74–95 см с 15–25 цветоносными стеблями. Стебли прямостоячие, сильно ветвистые, хорошо облиственные. Листья яйцевидные, гофрированные, темно-зеленые. Соцветие — тирс, длина верхушечных соцветий — 25–32 см, парциальных — 9–11 см. Цветок 12 мм длиной, венчик сиренево-синий, с темно-сиреневыми точками на нижней губе. Массовое цветение отмечается в III декаде мая, плодоношение — в III декаде июня. Урожайность сырья в среднем составляет 1,6 кг/м². Содержание эфирного масла 0,27% от сырой массы сырья (1,27% от абсолютно сухой). Основной компонент эфирного масла — цитронеллол (80,3%), кроме него идентифицированы 11 компонентов: цитронеллаль (7,88%), α-терпинеол (4,28%), линалоол, нераль, гераниаль, нерол, гераниол и др. компоненты. Парфюмерная оценка эфирного масла 5 баллов.

Сортообразец 12. Растение высотой 67–80 см, диаметром 73–80 см с 30–36 цветоносными стеблями. Стебли прямостоячие, сильно ветвистые, хорошо облиственные. Листья широкояйцевидные, гофрированные, темно-зеленые. Соцветие тирс, длина верхушечных соцветий 30–36 см, парциальных — 8–13 см. Цветок крупный 15 мм длиной, венчик сиренево-синий с мелкими точками на боковых лопастях нижней губы. Чашечка зеленовато-сиреневая, трубчатой формы, опушенная, 7 мм длиной, 2,5 мм в диаметре. Массовое цветение наблюдается во II–III декаде мая, созревание семян — во II декаде июня. Урожайность сырья 2,1 кг/м², массовая доля эфирного масла — 0,24% от сырой массы (1,12% от абсолютно сухой). Основной компонент эфирного масла — цитронеллол (80,5%). В эфирном масле идентифицировано 12 компонентов: 1,8-цинеол, транс-β-оцимен, цитронеллаль, линалоол, терпинен-4-ол, нераль, α-терпинеол, гераниаль, нерол, гераниол. Парфюмерная оценка эфирного масла 4 балла.

Исследования показывают, что метод направленной межвидовой гибридизации позволяет качественно по-новому подходить к вопросу получения новых гибридных форм котовника. Од-

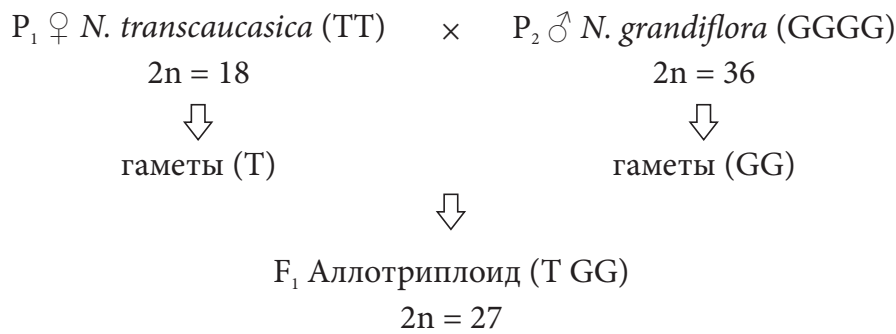


Рис. 2. Схема получения первого поколения котовника гибридного

нако потенциал генетической изменчивости возрастает еще больше, если взаимодействие генов происходит на разных уровнях ploидности [10].

Рассмотрим механизм образования гибридных форм. Известно, что растения *N. transcaucasica* имеют соматический набор хромосом равный 18 и являются природным диплоидом, а вот *N. grandiflora* в диплоидном наборе имеет 36 хромосом (природный аутотетраплоид) [9]. При их скрещивании образуются 9-ти хромосомные гаметы *N. transcaucasica* (T) и сбалансированные 18-ти хромосомные гаметы *N. grandiflora* (GG) (рис. 2).

У полученных гибридов проявление основных морфологических признаков носит промежуточный характер. Взрослые растения имеют мощные ортотропные побеги (признак, унаследованный от *N. grandiflora*), достаточно высокое содержание эфирного масла и хорошее его качество (признаки *N. transcaucasica*).

Выводы

1. Применение метода отдаленной гибридизации в селекции котовника открывает широкие возможности для получения новых растений с заранее заданными свойствами.
2. Установлено, что при переходе гибридных форм на новый уровень ploидности наблюдается значительное варьирование морфологических признаков, обусловленное новыми рекомендациями генов и особенностями их взаимодействия.
3. Изменение количества генетического материала не всегда приводит к заметному увеличению качественных и количественных показателей полезной продуктивности гибридных растений (урожайность, массовая доля эфирного масла и его компонентный состав).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 14-50-00079).

Список литературы

1. Аксёнов Ю. В., Работягов В. Д. Синтез аллоплоидов в роде *Nepeta L.* и их цитологическое изучение. Чорноморський ботанічний журнал, 2009, Т. 5, № 4, 541–546.
2. Горяев М. И. Эфирные масла флоры СССР, Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1952, 158.
3. Гурвич Н. Л., Мамедалиева Ф. М., Мишурова С. С. Изучение некоторых ценных клонов котовника закавказского и их семенного потомства, Изв. АН АЗССР, серия биол. Науки, Баку, 1966, № 2, 31–33.
4. Дроботько В. Г., Айзенман Б. Е., Зелепуха С. И. Антимикробные свойства алкалоидов, Антибиотики, 1958, 120–123.

5. Интродукция лекарственных, ароматических и технических растений, М.-Л., 1965, 180–187.
6. Капелев О. И. Антимикробные и фитонцидные свойства котовника лимонного. Основные направления научных исследований по интенсификации эфиромасличного производства, Симферополь, 1985, Ч. 2, 74–75.
7. Капелев О. И. Биологические особенности котовника лимонного в связи с введением в культуру. Автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук.: спец. 03.00.05 «ботаника», Цент. Респ. бот. сад, Киев, 1986. 16.
8. Капелев И. Г. Культура котовника лимонного для эфиромасличной промышленности. ЦНИИ ТЭИ-Пищепром НТПС: сер. парфюмерно-косметич. и эфиромасл. пром, 1978, № 10, 5–9.
9. Хромосомные числа цветковых растений (*Nepeta L.*). Л.: Наука, 1969, С. 367
10. Чувашина Н. П. Цитогенетика и селекция отдаленных гибридов и полиплоидов смородины. Л.: Наука, 1980, 121.
11. Jennings W., Shibamoto T. Qualitative analysis of Flavor and Volatiles by Glass Capillary Gas Chromatography, Academic Press rapid Manuscript Reproduction, 1980, 472.

Аминокислотный состав семян некоторых представителей рода *Paeonia* L. при интродукции в Республике Башкортостан

Реут А. А., Миронова Л. Н.

Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, г. Уфа, Россия,
cvetok.79@mail.ru

Резюме. Проведено изучение аминокислотного состава семян некоторых представителей рода *Paeonia* L., интродуцированных в условиях Башкирского Предуралья. В исследованных объектах идентифицировано 14 аминокислот, 7 из которых являются незаменимыми; установлено их количественное содержание.

Amino acid composition of seeds of some representatives of the genus *Paeonia* L. when introduced in the Republic of Bashkortostan. Reut A. A., Mironova L. N. **Summary.** A study was made of the amino acid composition of seeds of some representatives of the genus *Paeonia* L. introduced under the conditions of the Bashkir Preduralye. In the investigated objects, 14 amino acids were identified, 7 of which are irreplaceable; their quantitative content is established.

Пионы — это не только декоративные, но и лекарственные растения. Лечебными свойствами обладают корневища, листья и стебли, цветы и семена. По данным Фармокопейной статьи в корневищах пиона уклоняющегося содержатся следующие соединения: иридоиды, эфирное масло, дубильные вещества, органические кислоты, флавоноиды, витамин С, алкалоиды, крахмал, сахара и др. [1]. В наше время в народной медицине используются многие дикорастущие виды пионов. Известно, что плоды пиона уклоняющегося в Монголии в поджаренном виде служили заменителем чая. Настойку из его семян применяли при гастритах и маточных кровотечениях. Кроме того, на Дальнем Востоке семена пиона обратнойцевидного входили в состав сборов для лечения глазных и ушных болезней [6].

Согласно литературным данным, семена травянистых пионов содержат жирное масло в составе, которого выделяют глицериды олеиновой, линолевой и линоленовой кислот [1]. Информации по химическому составу семян древовидных пионов в отечественной литературе обнаружено не было.

Целью данной работы являлось определение аминокислотного состава семян и сравнение полученных данных между травянистыми и древовидными пионами.

Объектами исследования являлись древовидные (*P. delavayi* Franch, *P. potaninii* Kom., *P. suffruticosa* Andr.) и травянистые пионы (*P. mascula* Mill., *P. peregrina* Mill., *P. peregrina* Mill. var. *romanica* (Brandza) A. Nyar., *P. officinalis* L., *P. officinalis* L. subsp. *humilis*, *P. veitchii* Lynch, *P. veitchii* Lynch var. *woodwardii*), интродуцированные в Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН. Для химического анализа заготавливали семена в количестве не менее десяти образцов в фазу плодоношения пионов. Сырье сушили, измельчали согласно требованиям фармакопейной статьи ФС 42-531-98. Для определения химического состава образцов брали среднюю навеску материала, размер частиц усредненного исследуемого материала был в пределах от 3 до 5 мм [2].

Таблица 1
Содержание аминокислот в семенах древовидных пионов

Содержание аминокислот, %	Виды		
	<i>P. delavayi</i>	<i>P. potaninii</i>	<i>P. suffruticosa</i>
лизин*	2,85	3,28	2,69
метионин*	0,58	0,72	0,52
цистеин	0,87	1,02	0,71
гистидин	1,28	1,52	1,25
аргинин	1,18	1,64	1,22
треонин*	0,64	0,81	0,60
серин	0,46	0,62	0,43
пролин	0,71	0,41	0,40
глицин	0,76	0,79	0,82
валин*	3,31	3,14	2,86
изолейцин*	0,31	0,57	0,48
лейцин*	1,97	2,40	1,97
тирозин	0,62	0,72	0,61
фенилаланин*	0,71	0,95	0,73
Сумма незаменимых аминокислот	10,37	11,87	9,85
Суммарное содержание	16,25	18,59	15,29

Примечание: * незаменимые аминокислоты

Таблица 2
Содержание аминокислот в семенах травянистых пионов

Содержание аминокислот, %	Виды						
	<i>P. mascula</i>	<i>P. peregrina</i>	<i>P. peregrina</i> var. <i>romanica</i>	<i>P. officinalis</i>	<i>P. officinalis</i> subsp. <i>humilis</i>	<i>P. veitchii</i>	<i>P. veitchii</i> var. <i>woodwardii</i>
лизин*	2,14	2,35	2,25	2,04	1,84	2,54	1,73
метионин*	0,36	0,42	0,40	0,33	0,27	0,50	0,25
цистеин	0,79	0,82	0,75	0,79	0,78	0,76	0,75
гистидин	1,06	1,16	1,10	1,01	0,93	1,30	0,90
аргинин	0,91	1,05	0,96	0,85	0,77	1,34	0,65
треонин*	0,40	0,44	0,40	0,36	0,30	0,58	0,23
серин	0,27	0,26	0,20	0,23	0,18	0,43	0,07
пролин	1,13	0,26	0,34	0,04	0,09	0,07	0,29
глицин	1,01	1,08	1,09	1,02	1,03	1,00	1,14
валин*	3,35	3,55	3,68	3,28	3,07	3,69	3,23
изолейцин*	0,15	0,20	0,11	0,15	0,19	0,32	0,15
лейцин*	1,57	1,69	1,55	1,49	1,40	2,00	1,31
тирозин	0,74	0,85	0,88	0,73	0,70	0,84	0,77
фенилаланин*	0,47	0,54	0,48	0,43	0,39	0,68	0,29
Сумма незаменимых аминокислот	8,44	9,19	8,87	8,08	7,46	10,31	7,19
Суммарное содержание	13,35	14,67	14,19	12,75	11,94	16,05	11,76

Примечание: * незаменимые аминокислоты

Количественное определение аминокислот в исследуемых объектах проводили на аминокислотном анализаторе ААА-339 (ЧССР) в стандартных условиях, используемых для разделения белковых гидролизатов.

В результате исследования аминокислотного состава семян пионов установлено наличие 14 аминокислот, 7 из которых являются незаменимыми (лизин, метионин, треонин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин) (табл. 1, 2).

Выявлено максимальное содержание таких незаменимых аминокислот как валин (в среднем 3,1% у древовидных и 3,4% у травянистых пионов), лизин (2,94% и 2,13% соответственно) и лейцин (2,11% и 1,52%). Сумма аминокислот в исследуемых образцах в среднем составила 16,71% (в т. ч. 10,69% — незаменимых аминокислот) у древовидных и 13,53% (8,51%) — у травянистых пионов, что является достаточно высокими показателями для растений [3].

По суммарному содержанию аминокислот лидирующее положение среди древовидных пионов занимают *P. potaninii* (18,59%) и *P. delavayi* (16,25%), среди травянистых — *P. veitchii* (16,05%).

Обладая широким спектром фармакологического действия, аминокислоты придают другим веществам легкоусвояемую и безвредную форму, одновременно потенцируя их эффект. Кроме того, аминокислоты участвуют в процессах нервной, сосудистой и других видах регуляции различных функций организма [4, 5].

Таким образом, изучен аминокислотный состав семян травянистых и древовидных пионов. Установлено, что семена пионов отличаются высоким содержанием таких незаменимых аминокислот, как валин, лизин и лейцин. По суммарному содержанию аминокислот лидирующее положение среди древовидных пионов занимают *P. potaninii* (18,59%) и *P. delavayi* (16,25%), среди травянистых — *P. veitchii* (16,05%).

Список литературы

1. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование: Семейства *Paeoniaceae-Thymelaeaceae* / Под ред. П. Д. Соколова. Л.: Наука. 1985. 336 с.
2. Реут А. А., Миронова Л. Н. Аминокислотный состав некоторых представителей растений семейства пионовых // Сборник научных трудов Sworld. 2012. Т. 45. № 4. С. 14–16.
3. Реут А. А., Миронова Л. Н. Изучение аминокислотного и элементного состава представителей семейства *Paeoniaceae* Rudolphi // Известия Уфимского научного центра РАН. 2013. № 3. С. 61–63.
4. Реут А. А., Миронова Л. Н. Изучение химического состава некоторых представителей рода *Paeonia* L. при интродукции в Башкортостане // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2014. Т. 12. № 10. С. 70–73.
5. Реут А. А., Миронова Л. Н. Исследование элементного и аминокислотного состава растительного сырья некоторых представителей рода *Paeonia* L. // Субтропическое и декоративное садоводство. 2013. № 48. С. 200–203.
6. Успенская М. С. Пионы. М.: ЗАО «Фитон+». 2002. 208 с.

Антоцианы плодов представителей растений семейства *Rosaceae* и *Ericaceae* и их антиоксидантная активность

Решетников В. Н., Колбас Н. Ю., Чижик О. В.,
Деева А. М., Войцеховская Е. А.

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск, vazek@list.ru

Резюме. Представлены данные о накоплении антоцианов в зрелых плодах пяти видов растений семейств *Rosaceae* и *Ericaceae*. Установлен состав антоцианового комплекса исследованных плодов растений и их антиоксидантная активность как потенциальных источников биологически активных веществ.

Antioxidant Activity and Anthocyanins of *Rosaceae* and *Ericaceae* families fruits. Reshetnikov V. N., Kolbas N. Y., Chizhik O. V., Deeva A. M., Voitsehovskaya E. A. **Summary.** Data on the of anthocyanin's accumulation in the mature fruits of five plant species of *Rosaceae* and *Ericaceae* families are presented. The anthocyanin complex composition and the antioxidant activity in fruits of investigated plant species as potential sources of biologically active substances have been determined.

Введение

Антоцианы являются водорастворимыми пигментами растений, локализованными в вакуолях растительных клеток, и представлены в большинстве случаев гликозидами полигидрокси — и полиметокси — производных солей 2 — фенилбензопирилума или флавилиума. Гликозиды обычно присоединены в 3 — положение молекулы пигмента.

Роль антоцианов в растениях сводится к защите от ультрафиолетового излучения фотолabile соединений, в том числе фотосинтетического аппарата, повышению устойчивости растений к стрессу, дезактивации активных форм кислорода. Отметим, что именно это последнее свойство является основой использования плодов растений, богатых антоцианами, в качестве лечебного питания, что вызывает интерес к растениям, которым свойственно высокое накопление этих соединений. Однако растения разных систематических групп могут иметь ряд особенностей по составу и количеству антоцианов в их плодах. В связи с этим актуальным становится поиск нетоксичных, легкодоступных, дешёвых источников биологически активных веществ, которыми являются антоцианы, как и их биохимическая характеристика [1].

Объекты и методы исследования

Объектом исследований явились зрелые плоды трех видов семейства *Rosaceae*: *Amelanchier spicata* (Lam.) (игра колоисистая); *Rubus caesius* L. (ежевика сизая); *Rubus idaeus* L. (малина обыкновенная) и двух видов семейства *Ericaceae*: *Vaccinium corymbosum* L. (голубика высокорослая сорта *Bluecrop* и *Caroline Blue*) и *Vaccinium uliginosum* L. (голубика топяная).

Заготовку плодов осуществляли с растений, произрастающих на коллекционных участках ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» и естественных фитоценозах Минской и Брестской областей. Экстракцию биологически активных веществ проводили 70%-ным раствором этанола. Качественный и количественный анализ антоцианов проводили методом вы-

сокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-селективной детекцией [2, 3]. Для определения антиоксидантной активности (АОА) применяли методику ABTS с использованием в качестве стандарта тролокс [2, 3]. Достоверность полученных экспериментальных данных подтверждалась методами биологической статистики (обработка пакетами программ Excel и Statistica10.0).

Качественный состав антоцианового комплекса плодов представителей семейств Rosaceae и Ericaceae

№ п/п	Компонент (название антоциана)	Rosaceae			Ericaceae		
		<i>A. spicata</i>	<i>R. caesius</i>	<i>R. idaeus</i>	<i>V. corymbo-sum</i> сорт Bluecrop	<i>V. corym-bosum</i> сорт Caroli-ne Blue	<i>V. uligi-nosum</i>
1	Цианидин	-	+	+	-	-	-
2	Цианидин 3-0-галактозид	+	+	+	+	+	+
3	Цианидин 3-0-глюкозид	-	-	+	+	+	+
4	Цианидин 3-0-софорозид	-	+	+	-	-	-
5	Цианидин 3-0-рутинозид	+	+	+	-	-	-
6	Цианидин 3-0-самбубиозид	-	-	+	-	-	-
7	Цианидин 3-0-арабинозид	+	-	-	+	+	+
8	Цианидин 3-0-(6'-p-кумароил-глюкозид)	-	+	-	-	-	-
9	Цианидин 3-0-(6'-p-диаколил-глюкозид)	-	+	-	-	-	-
10	Цианидин 3-0-(6'-p-малонил-глюкозид)	-	+	-	-	-	-
11	Цианидин 3-0-ксилозид	+	-	-	-	-	-
12	Цианидин 3-0-кофеил-глюкозид	-	+	-	-	-	-
13	Дельфинидин 3-0-самбубиозид	-	+	-	-	-	-
14	Дельфинидин 3-0-(6'-оксалил-глюкозид)	-	+	-	-	-	-
15	Дельфинидин 3-0-галактозид	-	-	-	+	+	+
16	Дельфинидин 3-0-глюкозид	-	-	-	+	+	+
17	Дельфинидин 3-0-арабинозид	-	-	-	+	+	+
18	Петунидин 3-0-арабинозид	-	+	-	+	+	+
19	Петунидин 3-0-галактозид	-	+	-	+	+	+
20	Петунидин 3-0-глюкозид	-	-	-	+	+	+
21	Мальвидин 3-0-галактозид	-	-	+	+	+	+
22	Мальвидин 3-0-глюкозид	-	-	-	+	+	+
23	Мальвидин 3-0-арабинозид	-	-	-	+	+	+
24	Пеларгонидин 3-0-глюкозил-рутинозид	-	-	+			
25	Пеонидин 3-0-галактозид	-	-	-	+	+	+
26	Пеонидин 3-0-глюкозид	-	-	-	+	+	+
27	Пеонидин 3-0-арабинозид	-	-	-	+	+	+

Примечание: «+» — наличие компонента, «-» — отсутствие компонента.

Результаты и их обсуждение

Установлено, что максимальным накоплением антоцианов характеризуются плоды в стадии полной спелости (уборка урожая). Средние показатели содержания антоцианов в мг/1 г сухих плодов в пересчете на цианидин-3-глюкозид растений семейства *Rosaceae* составляли: *A. spicata* (ирга) — 32,5; *R. caesius* (ежевика сизая) — 36,6; *R. idaeus* L. (малина обыкновенная) — 4,6. В плодах семейства *Ericaceae*: *V. corymbosum* (голубика высокорослая), сорт *Bluecrop* — 3,4; сорт *Caroline Blue* — 9,2; *V. uliginosum* (голубика топяная) — 10,1. В тексте приводятся средние значения по выборкам, ошибка средней не превышала 5% при уровне значимости 0,95 [2, 3].

Приведенные данные свидетельствуют о значительных различиях в содержании антоцианов в плодах представителей обоих семейств (3–8 раза), причём наибольшее накопление этих веществ характерно для *R. Caesius* — ежевики сизой — 36,6 мг/г сухих ягод [2, 3].

Поскольку антоцианы в растениях обычно представлены комплексом индивидуальных веществ, целесообразно было провести их определение у представителей семейства *Rosaceae* и *Ericaceae*.

Данные, приведенные в таблице [2, 3], свидетельствуют о значительных различиях в качественном составе антоцианового комплекса плодов представителей изучаемых семейств, а также высокой гетерогенности индивидуальных антоцианов, особенно в сортах голубики высокорослой (15 компонентов, у представителей семейства *Rosaceae* — от 4–12). Общим для всех шести объектов исследования является лишь один антоциан — цианидин 3-0-галактозид. Зрелым плодам растений семейства *Ericaceae* характерно превалирующее наличие в антоциановом комплексе агликонов дельфинидина, петунидана, мальвидина и пеларгонина, тогда как сем. *Rosaceae* более представлены антоцианы с агликоном цианидина (таблица). Все эти данные свидетельствуют о том, что состав антоцианов в зрелых плодах детерминирован видом [1–3].

Что касается количественного содержания отдельных антоцианов, то у анализируемых представителей сем. *Ericaceae* наиболее выражен мальвидин 3-0-гликозид (10–33% от общего содержания), а у видов сем. *Rosaceae* — цианидин 3-0-галактозид (25–65%).

Важным свойством антоцианов, в значительной степени определяющих ценность зрелых плодов изучаемых растений, является их антиоксидантная активность. Этот показатель является динамичным и в значительной степени зависит от видовой принадлежности растения.

Изучаемые объекты характеризовались высоким уровнем антиоксидантной активности в зрелых плодах *ABTS*, в ммоль тролокс эквивалента на 1 г сухого веса: *V. corymbosum* сорт *Bluecrop* — 52; *V. corymbosum* сорт *Caroline Blue* — 120; *V. uliginosum* — 145; *A. spicata* — 240; *R. caesius* — 240; *R. idaeus* — 110 [2, 3].

В целом, следует заключить, что исследованные растения сем. *Rosaceae* и *Ericaceae* являются перспективными источниками биологически активных веществ с высокой антиоксидантной активностью.

Список литературы

1. Ж. А. Рупасова, В. Н. Решетников, Т. И. Василевская, А. П. Яковлев, Н. Б. Павловский. Формирование биохимического состава плодов видов семейства *Ericaceae* (Вересковые) при интродукции в условиях Беларуси. — Минск: Беларус. навука, 2011.-307 с.
2. А. М. Макаревич, В. Н. Решетников // Доклады Национальной академии наук Беларуси. — 2011. — Т. 55, № 5. — С. 76–80.
3. Н. Ю. Колбас. М.-А. Силва, П. Л. Тэссэдр, В. Н. Решетников // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, сер. біялагічных навук. — 2012. — № 1. — С. 5–10.

Теоретические аспекты комплексного экологического мониторинга дендрологических коллекций на примере дендрария Центрального ботанического сада НАН Беларуси

Рудевич М. Н.

*Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
mrudevich@gmail.com*

Резюме. Рассматриваются различные аспекты комплексного экологического мониторинга различных дендрологических объектов, являющегося неотъемлемой составной частью планомерного и успешного хозяйствования во всех отраслях, связанных с выведением, разведением или эксплуатацией растений. Отмечена специфичность наблюдений, определяемая в связи с поставленными целями и задачами, а также возможностями их реализации. Подчёркнута важность и ценность мониторинга при содержании ботанических коллекций, осуществляемого в научных целях и перспективность его ведения с использованием возможностей геоинформационных систем и компьютерных баз данных для обработки и хранения информации.

Theoretical aspects of complex ecological monitoring of dendrology collections on the example of the arboretum of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus.

Rudevich M. N. **Summary.** Various aspects of integrated ecological monitoring of various dendrological objects are considered, which is an integral component of planned and successful management in all sectors related to the breeding or exploitation of plants. Specificity of observations, determined in connection with the goals and tasks set, as well as the possibilities for their implementation, has been noted. The importance and value of monitoring in the content of botanical collections carried out for scientific purposes and the prospects of its management using the capabilities of geoinformation systems and computer databases for processing and storing information were underlined.

Организация отлаженной системы сбора, обработки и хранения информации о растениях является неотъемлемой частью деятельности ботанических садов, направленной на всестороннее изучение, а в итоге и на обеспечение сохранности собранного в их коллекциях ценнейшего генофонда. Работы по учёту и оценке разнообразных биологических параметров растений в процессе их роста и развития в обязательном порядке осуществляются и во многих других учреждениях и организациях связанных с выведением, разведением и коллекционированием различных растений, а также с зелёным строительством и эксплуатацией зелёных насаждений. Такие документируемые наблюдения за какими-либо процессами и регистрация параметров объектов в каждом конкретном случае специфичны и определяются поставленными целями, и задачами и возможностями их реализации, но все они могут быть объединены единым термином — «мониторинг». В наиболее общем плане любой мониторинг направлен на оценку состояния и прогноз возможных изменений изучаемого объекта или процесса с целью предупреждения и недопущения их развития в нежелательных направлениях.

Поскольку при мониторинге изучается динамика развития объекта или процесса, и сам он по мере накопления опыта постоянно требует выработки новых стратегий, поиска современных подходов, усовершенствования методик сбора информации и использования всё более совершенных технических средств, то с одной стороны мониторинг на каждом из этапов его осуществления предоставляет вполне достаточные для анализа и прогноза ситуации данные, а с другой стороны можно сказать, что в перспективном плане мониторинговые исследования всегда находятся на незавершённой стадии.

Научный мониторинг растительных природных объектов основан на исследованиях, направленных на изучение тех или иных аспектов жизнедеятельности растений или их сообществ. Заключительным этапом научного мониторинга в идеале является разработка прогностических, а иногда и ретроспективных моделей протекания изучаемых процессов.

При научных наблюдениях за природными объектами наиболее высокую ценность имеет комплексный экологический мониторинг, наиболее полно отвечающий критериям высокой эффективности и действенности. Он базируется на биогеоэкологическом подходе и предусматривает долговременное наблюдение по возможности за максимально обширным количеством присутствующих в экосистеме компонентов — климатом, эдафотопом и биотопом с его фито-, зоо — и микробоценологическими субкомпонентами.

При комплексном мониторинге, нацеленном на изучение состояния растительных объектов, должно быть предусмотрено сопряжённое исследование состояния всех прочих компонентов живой и неживой природы (окружающей среды), способных оказать влияние на фитоценологическую составляющую и поиск всевозможных взаимосвязей между ними при анализе получаемых данных.

В идеале комплексный экологический мониторинг должен осуществляться одновременно на глобальном, региональном и локальном уровнях, и охватывать все компоненты окружающей среды. Исследования должны вестись с использованием набора передовых биологических, химических, физических и технических методов. При этом первоочередными его задачами является установление в каждом конкретном случае основных факторов воздействия на экосистемы, выяснение степени их воздействия и внутренних механизмов протекающих процессов. Лишь на основе такого подхода могут быть разработаны наиболее рациональные способы организации хозяйства в современных условиях.

При мониторинге состояния зелёных насаждений и лесов, подверженных антропогенному влиянию, необходимо создание постоянно действующей системы оперативного контроля за проявлением нарушений их устойчивости, повреждением вредителями, поражением болезнями и другими природными и антропогенными факторами среды [1]. Он предполагает наличие системы слежения за динамикой этих процессов, обеспечивающей раннее выявление неблагоприятного состояния насаждений, оценку и прогноз развития экологически неблагоприятных ситуаций. Кроме того, система мониторинга должна обеспечивать получение достоверной информации о нежелательных изменениях природы под влиянием антропогенного воздействия и материалов для обоснования и принятия своевременных законодательных, управленческих, хозяйственных, технологических, и других решений, выбора оптимальных вариантов стратегии и тактики защитных и природоохранных мероприятий и обеспечения рациональной и эколого-обоснованной деятельности системы городского хозяйства с использованием эколого-экономических критериев и с учётом средообразующих функций и целевого назначения насаждений.

В последнее время при ведении комплексного экологического мониторинга как городских, так и лесных экосистем всё большее распространение получают автоматизированные информационные системы (АИС) или информационно-справочно-аналитические системы (ИСАС) и геоинформационные системы (ГИС), создаваемые на основе накапливаемой в компьютеризированных базах данных разносторонней информации о природных объектах [2–7]. Технологической основой мониторинга при этом является сочетание биологических и технических методов получения информации с применением выборочных методов исследования и автоматизированной системы обработки, анализа и хранения информации, состоящей из иерархиче-

ски соподчиненных, взаимосвязанных и адекватно отражающих ситуацию показателей, а также использование тематических и картографических банков данных. Такие системы с использованием современных информационных технологий предоставляют потребителям всё более широкие возможности для поливариантного моделирования экологических ситуаций, которое в свою очередь даёт неоспоримые преимущества для наиболее оперативного и обоснованного решения поставленных задач и возникающих проблем.

Мониторингу, нацеленному на изучение древесных растений или их сообществ (фитоценозов) присущи ещё и дополнительные специфические особенности. Это, прежде всего, сильно расширенные временные рамки завершения каждого из его этапов. Долговременность их осуществления обусловлена продолжительностью циклов развития как самих древесных растений, так и в ещё большей мере растительных сообществ с их участием. Значительная ёмкость такого мониторинга обусловлена многофакторной зависимостью успешности их развития и функционирования от разнообразнейших условий окружающей среды в местах их произрастания.

В отношении растений, произрастающих в городских посадках всех типов, следует учитывать, что наряду с выполнением ими своих первоочередных экологических, рекреационных и эстетических функций они могут быть использованы как ценные объекты для наблюдения и ещё в двух одинаково важных целях:

- изучения их связанной с таксономической принадлежностью реакции на негативные воздействия антропогенной (урбанизированной) среды;
- контроля качества окружающей среды, как индикаторов, характеризующих её состояние и соответствие требованиям жизнеобеспечения всей биоты города.

Используемые в городских посадках растения по характеру их реакции на антропогенное загрязнение подразделяют как минимум на два типа [2]:

- аккумулятивные, которые способны накапливать или утилизировать без видимых признаков повреждения значительные концентрации компонентов техногенных эмиссий;
- чувствительные, которые повреждаются даже при незначительных воздействиях на них негативных факторов техногенной среды.

В связи с этим, поскольку преобладающая часть интродукционных таксонов, используемых в практике зелёного строительства, проходит первичные испытания в ботанических садах, немаловажный интерес в этот период представляет изучение не только их адаптивности к новым природным условиям, но и их устойчивости к антропогенному воздействию.

При ведении мониторинга дендрологических коллекций и городских посадок неминуемо приходится сталкиваться с вопросами определения минимальной структурной единицы экосистемы, пригодной для описания и оценки древесных растений во взаимосвязи с окружающей средой.

Культурные фитоценозы в совокупности и взаимодействии со средой их обитания несомненно являются компонентами экосистем различного ранга. Однако, в городских насаждениях и дендрологических коллекциях значение отдельных организмов-бионтов [8] резко возрастает. Утрата отдельных особей древесных растений из городских насаждений ведет к значительному изменению внешнего облика ландшафта. Выпадение же растения из дендрологической коллекции нередко сводит к нулю долгие годы кропотливого труда по интродукции данного таксона. Кроме того, в отдельных видах городских насаждений и, в особенности, в дендрологических коллекциях растения часто высаживаются одиночно или в виде небольших групп, не сопоставимых с массивами.

В связи с этим становится неоспоримой необходимостью изучения успешности роста и развития конкретных бионтов, нередко абстрагируясь от соседствующих с ним ценобионтов [9]. Безусловно, определённых исследований требует и окружающая индивидуум среда. Но, поскольку в силу специфики изучаемых объектов она, как правило, характеризуется определенной неповторимостью, её можно сузить до пространства, на которое данный отдельный организм оказывает влияние в процессе своей жизнедеятельности — эдасфера [10].

В свете приведенного подхода, считаем необходимым, для унификации (стандартизации) определения минимальной структурной единицы экосистемы, пригодной для описания и оценки древесных растений во взаимосвязи с окружающей средой, ввести для использования понятие экобионт [11], подразумевающее отдельно взятый организм с окружающим его пространством, в пределах которого он изменяет физические и химические показатели среды.

В ЦБС НАН Беларуси разработана методика инвентаризации и последующего непрерывного мониторинга древесных растений с использованием геореляционной послойно-организованной геопространственно привязанной компьютерной базы данных для обработки и хранения информации. Выработаны рациональные подходы к организации инвентаризации и мониторинга древесных растений и насаждений ЦБС НАН Беларуси, оптимальный перечень учётных параметров, а также методы сбора, хранения, обработки и анализа данных. Накапливаемая информация имеет большое значение не только для развития рациональных способов содержания и пополнения дендрологической коллекции, оперативного пополнения сведений о ней и получения научно-обоснованной аналитической информации для принятия практических решений, но и предоставляет возможности для оценки изменения экологической среды города в целом.

Список литературы

1. Мозолевская Е. Г., Белова Н. К., Куликова Е. Г., Шарапа Т. В., Липаткин В. А., Суруппаева В. М. Мониторинг состояния зелёных насаждений и городских лесов Москвы. Методы оценки состояния деревьев и насаждений. // Экология большого города. Альманах. Вып. 2. «Проблемы содержания зелёных насаждений в условиях Москвы». — М.: 1997. С. 16–59.
2. Петункина Л. О., Филиппова А. В., Степанова Н. В. Зелёные насаждения как компонент городской экосистемы. // Ботанические исследования в азиатской России.: Материалы XI съезда Русского ботанического общества (18–22 августа 2003 г., Новосибирск-Барнаул). Т. 3. Барнаул, 2003. С. 219–221.
3. Горяева Е. В., Мохирев А. П. Инвентаризация зелёных насаждений с использованием ГИС-технологий на примере города Лесосибирска. «Лесной журнал», № 2. 2015. С. 14–21.
4. Блохин Д. Ю. Гис-технологии в лесном хозяйстве и лесной промышленности // VII Междунар. науч.-техн. конф. «Лес-2006». Режим доступа: <http://science-bsea.bgita.ru/>.
5. Мохирев А. П., Горяева Е. В., Дрягин В. В. Проблемы внедрения информационных систем в управление лесопользованием // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. Вып. 33. Брянск: БГИТА, 2012. С. 22–25.
6. Мохирев А. П., Дрягин В. В. Экономическая оценка лесосеки с помощью ГИС // Экономика и эффективность организации производства: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. 2011 г. Брянск: БГИТА, 2011. С. 42–45.
7. Мохирев А. П., Егармин Л. А. Географическая информационная система планирования оптимального освоения лесного фонда // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 12. С. 172–176.
8. Hesse R. Tier auf ökologischer Grundlage. Jena: Fischer, 1924. — 72 s.
9. Раменский Л. Г. Учёт и описание растительности (на основе проективного метода). — М: Изд. Всесоюзной академии с.-х. наук, 1937. — 98 с.
10. Быков Б. А. Введение в фитоценологию. Алма-Ата: Наука, 1970. — 231 с.
11. Рудевич М. Н. О подходе к изучению интродуцентов в условиях дендрологических коллекций и городских посадок. // Проблемы дендрологии на рубеже XXI века. Тезисы докладов Международной конференции, посвящённой 90-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН П. И. Лапина. — М.: 1999. С. 302.

Биохимический состав плодов интродуцированных сортов актинидии коломикта (*Actinidia kolomikta* Maxim. & Rupr.) Maxim) в Беларуси

Рупасова Ж. А.¹, Гаранович И. М.¹, Шпитальная Т. В.¹,
Василевская Т. И.¹, Криницкая Н. Б.¹, Фролова Л. В.²

¹ ГНУ Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
J.Rupasova@cbg.org.by

² РУП Институт плодоводства, г. Минск, Беларусь

Резюме: На основании сравнительного двухлетнего исследования биохимического состава плодов природной формы и 8 сортов *Actinidia kolomikta* — *Превосходная*, *Ароматная*, *Достойная*, *Однородная*, *Сентябрьская*, *ВИР-1*, *Вафельная* и *Ботаническая* по 14 показателям (органические кислоты, углеводы, биофлавоноиды) установлено, что все интродуценты в 1,4–29,5 раза превосходили природную форму по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов при наибольших различиях у сорта *Вафельная* и наименьших у сортов *Превосходная* и *Ароматная*.

Biochemical composition of fruits of introduced sorts of tara vine (*Actinidia kolomikta* Maxim. & Rupr.) Maxim) in Belarus. Rupasova Zh. A., Garanovich I. M., Shpitalnaya T. V., Vasilevskaya T. I., Krinitskaya N. B., Frolova L. V. **Summary.** On the basis of a two-year comparative study of biochemical composition of fruits of the natural form and 8 sorts of *Actinidia kolomikta* — *Prevoskhodnaya*, *Aromatnaya*, *Dostoylnaya*, *Odnodomnaya*, *Sentyabrskaya*, *VIR-1*, *Vafelnaya* and *Botanicheskaya* according to 14 parameters (organic acids, carbohydrates, bioflavonoids) it has been determined that all the introducents surpassed the natural form 1.4–29.5 times in the integral level of the fruits nutritional and vitamin value with greatest difference observed at *Vafelnaya* sort and the smallest difference at *Prevoskhodnaya* and *Aromatnaya* sorts.

Несмотря на многолетний опыт культивирования актинидий во многих странах и очевидную полезность их плодов, биохимический состав последних изучен недостаточно полно. На постсоветском пространстве известны работы А. А. Титлянова [10], Э. И. Колбасиной [3–6], Г. А. Курагодниковой [7], Р. С. Гриненко [1], Н. В. Козака [2], П. Н. Ломоноса и др [8], в которых, наряду с эколого-ботанической характеристикой и результатами селекционных исследований этих чрезвычайно полезных растений, приводятся фрагментарные сведения о содержании в их плодах отдельных соединений. В частности, указывается, что плоды актинидии коломикта богаты аскорбиновой кислотой (до 1430 мг% в сыром веществе), растворимыми сахарами (4,2–9,8%), содержат дубильные и пектиновые вещества, пигменты, микроэлементы, органические кислоты (0,78–2,48%).

В связи с недостаточной изученностью биохимического состава плодов представителей сем. *Actinidiaceae*, особую актуальность обретает исследование генотипических особенностей накопления в них наиболее ценных в физиологическом плане соединений, определяющих качество и органолептические свойства плодов — ряда органических кислот, углеводов и основных групп биофлавоноидов.

В результате сравнительного двухлетнего исследования биохимического состава плодов природной формы *Actinidia kolomikta*, принятой за эталон сравнения, и 8 сортов — *Превосходная*, *Ароматная*, *Достойная*, *Однодомная*, *Сентябрьская*, *ВИР-1*, *Вафельная* и *Ботаническая* из коллекционных фондов Центрального ботанического сада НАН Беларуси и Института плодоводства по 14 показателям установлены следующие диапазоны варьирования в таксономическом ряду содержания в их сухой массе: свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, соответственно, 11,1–17,8%, 1894,3–3280,5 мг% и 298,5–679,6 мг% при содержании сухих веществ 16,5–23,4%, танинов — 1,39–3,10%, растворимых сахаров — 25,0–40,3%, пектиновых веществ — 8,1–13,0%, суммарном количестве биофлавоноидов — 2367,5–3395,6 мг%, в том числе лейкоантоцианов — 910,0–1378,0 мг%, флавонолов — 869,0–1471,6 мг%, катехинов — 478,1–702,0 мг%. Показатель сахарокислотного индекса плодов исследуемых таксонов *Actinidia kolomikta* изменялся в диапазоне 1,8–3,6.

О степени различий тестируемых сортов актинидии с природной формой в биохимическом составе плодов можно судить по данным табл. 1. Для осуществления ранжирования сортового материала по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов был использован собственный методический прием, основанный на сопоставлении у тестируемых объектов относительных размеров, амплитуд и соотношений статистически достоверных положительных и отрицательных отклонений от эталонных значений количественных характеристик биохимического состава плодов [9]. По величине суммарной амплитуды выявленных отклонений, независимо от их знака, можно было судить о выразительности различий каждого тестируемого сорта актинидии с природной формой по совокупности всех анализируемых признаков, что позволяло расположить их в порядке снижения степени данных различий. Соотношение же относительных размеров совокупностей положительных и отрицательных различий с ней являлось оценочным критерием степени преимуществ каждого тестируемого объекта относительно других сравниваемых с ним сортов актинидии в биохимическом составе плодов в целом.

Таблица 1

Относительные различия интродуцированных сортов *Actinidia kolomikta* с природной формой по содержанию в плодах действующих веществ, %

Показатель	Превосходн.	Ароматная	Достойная	Однодомн.	Сентябрьск.	ВИР-1	Вафельная	Ботанич.
Сухие вещества	–	+23,0	+20,6	+26,7	+35,8	+38,8	+18,2	+41,8
Своб. органич. кисл.	+30,9	–11,8	–16,2	–8,8	–18,4	–16,9	–9,6	–8,1
Аскорбиновая кислота	+27,2	–	+4,1	–9,8	–16,4	–21,2	+36,5	–20,5
Гидроксикор. кислоты	+8,9	–26,9	–34,9	–13,8	+17,2	+7,5	+48,1	+25,2
Растворимые сахара	+25,2	+52,0	+61,2	+36,0	+44,0	+48,0	+33,2	+41,2
Сахарокислотн. индекс	–	+77,8	+100,0	+50,0	+77,8	+83,3	+50,0	+55,6
Пектиновые вещества	+22,2	–10,0	+4,4	+44,4	+11,1	+11,1	+16,7	+31,1
Лейкоантоцианы	–	+12,4	+42,9	+40,0	+51,4	+22,9	+34,3	+20,0
Катехины	–11,7	–8,8	–	+22,4	+11,2	–	+29,6	+15,2
Флавонолы	–34,5	–15,3	–14,1	–	–30,0	–12,5	–	–40,2
Биофлавоноиды	–18,5	–5,4	+7,3	+15,6	–	–	+16,9	–11,0
Дубильные вещества	–18,2	–40,2	–40,7	–27,6	–25,9	–28,8	–	–40,7

Примечание: «–» — отсутствие статистически значимых по t-критерию Стьюдента различий с природной формой при $p < 0,05$.

Как следует из табл. 2, амплитуда относительных величин выявленных различий тестируемых сортов с природной формой по совокупности анализируемых признаков, указывающая на степень их проявления, независимо от ориентации, варьировалась в таксономическом ряду в весьма широком диапазоне значений — от 197,3 до 350,6% при минимальном значении у сорта *Превосходная* и максимальных, причем довольно близких между собой, у сортов *Сентябрьская*, *Достойная* и *Ботаническая*.

Таблица 2

Относительные размеры, амплитуды и соотношения
 разноориентированных различий интродуцированных сортов *Actinidia kolomikta*
 с природной формой в биохимическом составе плодов, %

Сорт	Относительные размеры различий, %			
	положит.	отрицат.	амплитуда	положит. / отрицат.
<i>Превосходная</i>	114,4	82,9	197,3	1,4
<i>Ароматная</i>	165,2	118,4	283,6	1,4
<i>Достойная</i>	240,5	105,9	346,4	2,3
<i>Однодомная</i>	235,1	60,0	295,1	3,9
<i>Сентябрьская</i>	248,5	90,7	339,2	2,7
<i>ВИР-1</i>	211,6	79,4	291,0	2,7
<i>Вафельная</i>	283,5	9,6	293,1	29,5
<i>Ботаническая</i>	230,1	120,5	350,6	1,9

Кратный же размер соотношения относительных величин совокупностей положительных и отрицательных различий сортового материала с природной формой, указывающий на степень преимуществ в биохимическом составе его плодов, во всех случаях превышал 1,0, что свидетельствовало о более высоком интегральном уровне их питательной и витаминной ценности. При этом различия в степени данного превышения у большинства исследуемых сортов актинидии коломикта были незначительными, на что указывал сравнительно узкий диапазон варьирования указанного соотношения от 1,4 у сортов *Превосходная* и *Ароматная* до 3,9 у сорта *Однодомная* при расхождении крайних значений в 2,8 раза. Лишь в единичном случае — у сорта *Вафельная* — размер данного соотношения достиг почти 30-кратной величины.

На основании сопоставления значений данного показателя у тестируемых объектов было проведено их ранжирование в пределах таксономического ряда по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов, позволившее расположить их по мере его снижения в данной последовательности:

***Вафельная* > Однодомная > Сентябрьская = ВИР-1 > Достойная > Ботаническая > Превосходная = Ароматная > Природная форма**

Как видим, лидирующее положение в приведенном ряду занимал сорт *Вафельная*, благодаря хорошим органолептическим свойствам и высокому содержанию в плодах аскорбиновой и гидроксикоричных кислот, растворимых сахаров, пектинов и биофлавоноидов. Остальные сорта актинидии коломикта уступали данному сорту по богатству биохимического состава плодов в 7–21 раз при наибольшем отставании сортов *Превосходная* и *Ароматная*.

Список литературы

1. Гриненко, Р. С. Межвидовая гибридизация в селекции актинидии / Р. С. Гриненко // Ботанические сады как центры сохранения биоразнообразия и рационального использования растительных ресурсов: материалы Международной конференции, посвященной 60-летию Главного бот сада им. Н. В. Цицина РАН, 5–7 июля 2005 г., ГБС. — Москва, 2005. — С. 136–137.
2. Козак, Н. В. Новые сорта актинидии коломикта / Н. В. Козак, С. К. Темирбекова, И. М. Куликов // Новые сорта садовых культур: их достоинства и экономическая эффективность возделывания. — Воронеж: Кварта, 2014. — С. 104–110.
3. Колбасина, Э. И. Ягодные лианы и редкие кустарники / Э. Я. Колбасина. — М.: Издательский Дом МСП, 2003. — 112 с.
4. Колбасина, Э. И. Актинидия и лимонник, / Э. И. Колбасина. — М.: Изд. Дом МСП, 2005. — С. 3–42.
5. Колбасина, Э. И. Актинидия, лимонник / Э. И. Колбасина. — М.: Издательство «НИОЛА-ПРЕСС»; Издательский дом «ЮНИОН-паблик», 2007. — 176 с.
6. Колбасина, Э. И. Изменчивость морфологических признаков *Actinidia kolomicta* Maxim. природных популяциях и при интродукции / Э. И. Колбасина // Исследования генофонда растений. Труды Московского отделения ВИР. — М.: РАСХН, 1999. — С. 226–241.
7. Курагодникова, Г. А. Комплексная хозяйственно-биологическая оценка сортов актинидии в ЦЧР: автореферат дис. канд. с. — х. наук / Г. А. Курагодникова. — Мичуринск, 2009. — 25 с.
8. Ломонос, П. Н. Редкие культуры / П. Н. Ломонос, П. А. Мазур, Н. Б. Павловский. — Мн.: «Красико-Принт», 2006. — 64 с.
9. Рупасова, Ж. А. Способ ранжирования таксонов растения / Ж. А. Рупасова, В. Н. Решетников, А. П. Яковлев. — Мн.: Патент на изобретение № 17648 от 08.07.2013.
10. Титлянов, А. А. Актинидия и лимонник. / А. А. Титлянов. — Владивосток: Дальневосточн. кн. изд., 1969. — 172 с.

Сравнительная оценка содержания флавоноидов в цветках с листьями некоторых видов рода *Crataegus*

Сагарадзе В. А.^{1,2}, Бабаева Е. Ю.^{2,3}, Каленикова Е. И.¹,
Трусов Н. А.⁴, Ростовцева М. В.⁵

¹ Московский Государственный Университет имени М. В. Ломоносова, факультет фундаментальной медицины, Москва, Российская Федерация, valentina.sagaradze@yandex.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений Москва, Российская Федерация

³ Российский Университет Дружбы Народов, Аграрно-технологический институт, Москва, Российская Федерация

⁴ Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

⁵ Ботанический сад имени И. И. Спрыгина, Пенза, Российская Федерация

Резюме. Проведена сравнительная оценка содержания суммы флавоноидов в цветках с листьями боярышников *Crataegus submollis* и *C. sanguinea* методом дифференциальной спектрофотометрии.

Flowers with leaves of *Crataegus submollis* and *C. sanguinea* growing in the Russian Federation: comparative evaluation of the total flavonoids content. Sagaradze V. A., Babaeva E. Y., Kalenikova E. I., Trusov N. A., Rostovtseva M. V. **Summary.** The flowers and leaves of *Crataegus submollis* and *C. sanguinea* were subjected to the comparative total flavonoids assay by differential spectrophotometry.

Растения рода *Crataegus* широко распространены в умеренной зоне северного полушария. На территории Российской Федерации (РФ) произрастает несколько десятков видов дикорастущих боярышников. Из них около 15 были включены в Государственную Фармакопею XI издания и разрешены для заготовки лекарственного растительного сырья (ЛРС) — цветков и плодов [1]. Однако, только некоторые фармакопейные боярышники обладают относительно крупными ареалами, а ухудшение экологии окружающей среды провоцирует сокращение участков, пригодных для сбора ЛРС боярышника. В этой связи проводится поиск новых источников и видов сырья боярышника с целью расширения его отечественной сырьевой базы. Помимо привлечения других видов дикорастущих боярышников, возрастает интерес к исследованию культивируемых, в частности, североамериканских видов рода [2].

В настоящее время перспективным видом ЛРС боярышника для медицинского использования являются листья и/или цветки с листьями боярышника. Эти виды сырья имеют фарма-

копейный статус за рубежом [3–4]. Кроме того, листья и цветки у североамериканских боярышников крупнее, чем у отечественных, что может способствовать увеличению фитомассы ЛРС и эффективности его заготовки.

В цветках и листьях боярышников содержатся различные группы полифенольных соединений, тритерпеновые сапонины, органические кислоты и другие [2,5]. По современным данным, фармакологическая активность препаратов из сырья боярышника в значительной степени обусловлена наличием флавоноидов [6].

Целью настоящей работы явилось сравнительное изучение содержания флавоноидов в органах боярышников двух видов: включенного в Государственную фармакопею XI изд. евразийского вида *Crataegus sanguinea* и североамериканского вида *Crataegus submollis* [7]. Объектом для исследования служили воздушно-сухие соцветия с прицветными листьями (побеги текущего года) названных видов, заготовленные в 2016 г. в дендрарии Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН (г. Москва) и ботаническом саду имени И. И. Спрыгина (г. Пенза). Экстракцию проводили по методике А. В. Куркиной и др. [3]. Для оценки суммарного содержания флавоноидов в полученных извлечениях в пересчете на гиперозид использовали метод дифференциальной УФ — спектрофотометрии с комплексообразователем (3% спиртовым раствором $AlCl_3$). Оптическую плотность растворов измеряли на спектрофотометре Cary 100, Varian при $\lambda=410\pm 2$ нм. Расчеты проводили по градуировочному графику, построенному по гиперозиду. Повторность трехкратная. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная оценка содержания суммы флавоноидов в пересчете на гиперозид в сырье боярышника

Вид	Место заготовки	Содержание суммы флавоноидов в пересчете на гиперозид, %
<i>C. submollis</i> (цветки с листьями)	ГБС РАН, Москва	1,74±0,1
<i>C. submollis</i> (цветки)	ГБС РАН, Москва	1,44±0,08*
<i>C. submollis</i> (листья)	ГБС РАН, Москва	1,85±0,09
<i>C. submollis</i> (цветки с листьями)	БС, Пенза	1,60±0,06
<i>C. sanguinea</i> (цветки с листьями)	ГБС РАН, Москва	1,77±0,10

Примечание: * $p < 0,05$ vs *C. submollis* (цветки с листьями)

Представленные данные демонстрируют, что накопление суммы флавоноидов в цветках *C. submollis* достоверно меньше, чем в цветках с листьями и листьях боярышника того же вида.

Согласно данным таблицы, содержание суммы флавоноидов в цветках с листьями *C. submollis*, различающихся местом заготовки, находилось на одном уровне и не уступало сырью фармакопейного вида *C. sanguinea*.

Выводы

1. Подтверждена перспективность использования ЛРС «цветки с листьями боярышника».
2. Установлено, что уровень накопления флавоноидов в цветках с листьями *C. submollis* сопоставим с таковым у *C. sanguinea*. Содержание флавоноидов в цветках с листьями *C. submollis* не зависело от места заготовки.

Список литературы.

1. Государственная фармакопея XI издания, вып. 1. — М. Медицина, 1987. — 332 с.
2. Гончаров Н. Ф., Михайлов И. В., Гончаров Н. Н. Гидроксикоричные кислоты цветков и листьев нефармакопейных видов рода Боярышник. Фундаментальные исследования, 2011, Т. 9, с. 146–148.
3. Куркина А. В., Куркин В. А., Правдивцева О. Е, Морозова Т. В. Динамика суммы флавоноидов в листьях боярышника кроваво-красного. «Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине». Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВИЛАР, 2016, 383–386 с.
4. European Pharmacopoeia 7.0. European Directorate for the Quality of Medicines (EDQM). — 2011. — p. 4101–4103.
5. Edwards J. E. et al. A review of the chemistry of the genus Crataegus. Phytochemistry, 2012, v. 79, p. 5–26.
6. Kumar D. et al. The genus Crataegus: chemical and pharmacological perspectives. Revista Brasileira de Farmacognosia, 2012, v. 22, №. 5. — p. 1187–1200.
7. US National Germplasm system: [Электронный ресурс]. — <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomylist.aspx?category=species&type=genus&value=Crataegus&id=3040> — Дата обращения: 14.04.2017.

Некоторые аспекты интродукции североамериканских видов рода *Pinus* L. в Никитском ботаническом саду

Сахно Т. М., Хромов А. Ф.

Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Российская Федерация, sahno_tanya@mail.ru

Резюме. В статье приведены результаты анализа видового состава североамериканских представителей рода *Pinus* L. в Верхнем и Нижнем парках арборетума Никитского ботанического сада. Проведена оценка дендрометрических характеристик и жизненного состояния исследуемых видов в условиях интродукции на Южном берегу Крыма.

North American species of the genus *Pinus* L. in the Nikitsky Botanical Garden. Sakhno T. M., Khromov F. F. **Summary.** The article presents the results of an analysis of the species composition of North American representatives of the genus *Pinus* L. in the Upper and Lower Parks of the arboretum of the Nikitsky Botanical Garden. The estimation of dendrometric characteristics and vital state of the species under study under the conditions of introduction on the Southern coast of Crimea was carried out.

Значение представителей рода *Pinus* L. для паркового строительства и озеленения городов Южного берега Крыма (ЮБК) определяется высокой декоративностью, ландшафтообразующей и гигиенической ролью. Данный род отличается большим видовым и формовым разнообразием, представители которого имеют существенные различия морфологических признаков и значительно варьируют по декоративным качествам [1, 3]. При использовании сосен в озеленении декоративный эффект достигается в раннем возрасте и сохраняется на протяжении многих лет, что делает их особенно перспективными в парковом строительстве курортных городов [2, 4, 6].

В Крыму естественно произрастают 3 вида сосны: сосна пицундская (*Pinus brutia* var. *pitusa*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и сосна Палласова, или крымская (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*), однако благодаря интродукционным исследованиям в Никитском ботаническом саду (НБС), начиная с 1812 года, было испытано 63 таксона, 28 из которых — североамериканские. Виды флоры Северной Америки представляют особый интерес для интродукции, поскольку обладают не только рядом хозяйственно ценных признаков, но и высокой декоративностью по сравнению с аборигенными видами [3, 7].

Цель нашей работы провести оценку видового состава, дендрометрических показателей и жизненного состояния отдельных видов североамериканских сосен в условиях интродукции на Южном берегу Крыма.

Согласно данным последней инвентаризации в Верхнем и Нижнем парках НБС представлено 6 видов сосен, естественный ареал которых находится в Северной Америке: сосна остистая (*Pinus aristata* Engelm.), сосна Монтесумы (*P. montezumae* Lamb.), сосна Жеффрея (*P. jeffreyi* Grev. & Balf.), сосна Культера (*P. coulteri* D. Don), сосна съедобная (*P. edulis* Engelm.), сосна желтая (*P. ponderosa* P. Lawson & C. Lawson), сосна тяжелая скальная (*P. ponderosa* subsp. *scopulorum* (Engelm.) A. E. Murray).

P. ponderosa впервые интродуцирована Никитским ботаническим садом в 1837 г. Естественно произрастает на западе США, Канады (Британская Колумбия) и Мексики. Представляет со-

бой дерево высотой 18–39 м и диаметром 18–120 см. Имеет прямой ствол и конусообразную либо закруглённая крону. Кора от жёлто — до красно-коричневой, с глубокими нерегулярными трещинами. Хвоя по три в пучке, длиной 7–25 см, темно-зеленого цвета [10]. Переносит без повреждений понижения температуры до -34°C [9]. Имеющийся в Нижнем парке экземпляр достигает высоты 15 м и диаметра ствола 36 см. Жизненное состояние дерева можно охарактеризовать как хорошее. Этот вид переносит воздействие низких температур, относительно устойчив к летней засухе на ЮБК, однако нуждается в поливе в засушливый период.

P. ponderosa subsp. *scopulorum* в природе распространена на востоке Монтаны, Северная и Южная Дакота, Вайоминг, Небраска, север и центр Колорадо, Юта на высоте 1000–3000 м над уровнем моря (м н. у. м.). Высокое дерево до 24 м в высоту и 150 см в диаметре. Кора черно-серая, продольно-бороздчатая, в глубине борозд оранжевая. Крона в молодом возрасте коническая, в зрелом возрасте ширококоническая. Хвоя сизо-зеленая по 2–3 в пучках, длиной 7–17 см. В арборетуме НБС достигает высоты 14 м и диаметра ствола 30 см. Жизненное состояние удовлетворительное. Морфологически и экологически почти не отличается от *P. ponderosa*, основное различие выражается в меньших размерах всех генеративных органов скальной сосны и более слабой силой ее вегетативного роста [10].

P. montezumae впервые появилась в Никитском саду в 1842 г. Естественный ареал находится в Мексике и Гватемале на высоте от 2000 до 3200 м н. у. м. Представляет собой дерево высотой 25–30 м с диаметром ствола 50–80 см. Крона густая, округлой формы. Кора темно-коричневая, серая, разделена глубокими вертикальными и горизонтальными трещинами. Хвоинки собраны в пучки по 5 (иногда 4 или 6) штук, слегка поникающие, длиной 15–25 см. Без повреждений переносит понижения температуры до -7°C [9]. Данный вид в НБС представлен 4 экземплярами. В Верхнем парке находится дерево высотой 11,5 м и диаметром ствола 39 см, жизненное состояние хорошее; второй экземпляр — 18 м высотой, 83 см в диаметре, состояние хорошее; третий экземпляр — находится в удовлетворительном состоянии и имеет следующие характеристики: высота 16 м, диаметр 39 см. Жизненное состояние четвертого экземпляра оценено как удовлетворительное, высота — 19 м, диаметр ствола — 38 см. Деревья в условиях Крыма относительно устойчивые к летней засухе, нуждаются в поливе в засушливый период, иногда подмерзают концы прошлогодних побегов.

P. coulteri естественно произрастает в Калифорнии и Мексике на высоте 300–2100 м н. у. м. Дерево высотой до 24 м, с диаметром ствола до 1 м. Кора темная, серо-коричневого до почти черного цвета, глубоко бороздчатая. Хвоя по 3 в пучках, длиной 15–30 см, жесткая, направлена вверх. Предел холодостойкости до -12°C . В Нижнем парке имеется 3 экземпляра, жизненное состояние которых оценивается как удовлетворительное. Распределение дендрометрических параметров имеет следующий характер: первое дерево высотой 12 м, диаметром 26 см; второе — высотой 8,5 м, диаметром 8 см; третье — высотой 11 м и диаметром 29 см. Этот вид не поражается морозами и характеризуется относительной устойчивостью к засухе в условиях интродукции.

P. edulis широко распространена в Аризоне, Юте, Колорадо и Нью-Мексико на высоте 1500–2100 м н. у. м. Кустарники или деревья высотой до 21 м в высоту и до 60 см в диаметре. Крона коническая, округлая, плотная. Кора красно-коричневая, с неглубокими бороздами. Хвоя сине-зеленая, по 2 (иногда 1) в пучке, 2–4 см длиной. Переносит морозы до -29°C [1]. В Никитском саду с 1909 году. В Нижнем парке сохранилось 2 экземпляра 1940 года посадки, общее жизненное состояние которых можно характеризовать как удовлетворительное. Первый экземпляр достигает высоты 12 м, при диаметре 22 см, второй — 7,5 м и 17 см соответственно. Не повреждается морозами, в засушливый период нуждается в поливе.

P. aristata распространена в Монтане до субальпийской области Колорадо, Нью-Мексико и Аризоне на высоте от 2300 до 3650 м н. у. м. Деревья до 15 м; ствол до 1 м в диаметре. Крона округлой формы, уплощенная или неправильной формы. Кора от серого до красно-коричневого цвета, с неглубокими трещинами. Хвоя темная сине-зеленая, с каплями смолы, по 5 в пучке, длиной 2–4 см. Переносит понижения температуры до -40°C . В Верхнем парке сохрани-

лось 2 дерева (1979 года посадки), выращенных их семян, полученных из Северной Америки в 1973 году. Высота деревьев достигает 3,5 м, диаметр стволов 4,5 и 5,5 см, жизненное состояние — хорошее. В условиях ЮБК не повреждается морозами, устойчива к воздушной засухе, однако требовательна к почвенной влажности.

P. jeffreyi образует леса в Орегоне и Калифорнии (юго-западные штаты США) на высоте 2000–3100 м н. у. м. Дерево до 40 м высотой, диаметром 60–120 см. Внешним строением и абрисом кроны напоминает сосну желтую, но ветвление более редкое. Кора желто-коричневого до коричневого цвета, толстая, глубоко бороздчатая. Иглы 3 в пучке, длиной 12–25 см. Хвоя от серо до желто-зеленого цвета, с тонкими устьичными линиями. Переносит понижения температуры до -12°C [9]. В НБС сохранился единственный экземпляр высотой 3,5 м и диаметром 5 см, который был выращен из местных семян и высажен на постоянное место произрастания в 1963 году. Дерево находится в угнетенном состоянии.

Североамериканские виды рода *Pinus* L. в Верхнем и Нижнем парках Никитского ботанического сада представлены 6 видами: *P. aristata*, *P. montezumae*, *P. jeffreyi*, *P. coulteri*, *P. edulis*, *P. ponderosa*, *P. ponderosa* subsp. *scopulorum*. Оценка дендрометрических показателей свидетельствует о том, что в условиях интродукции биометрические характеристики представленных видов несколько ниже, по сравнению с параметрами, которые приводятся для растений, произрастающих в естественном ареале, близкое сходство параметров отмечено у *P. ponderosa* и *P. montezumae*.

На ЮБК исследуемые виды достаточно устойчивы в воздушной засухе, однако характеризуются требовательностью к почвенной влаге, в засушливый период нуждаются в поливе. В зимний период не повреждаются воздействием пониженных температур, за исключением *P. montezumae*, у которой периодически наблюдается подмерзание хвои.

Список литературы

1. Аннотированный каталог хвойных растений для озеленения ЮБК. Ялта, 1984.
2. Арцыбашев Д. Д. Декоративное садоводство [Текст]. М.: Сельхозгиз, 1941, 348 с.
3. Базилевская Н. А. Об основах теории адаптации растений при интродукции [Текст]. Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР, 1981, вып. 120, С. 3–9.
4. Волошин М. П. Парки Крыма. Издательство «Крым», 1964, 158 с.
5. Истратова О. Т. К характеристике декоративности видов рода *Pinus* L. Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР, 1976, вып. 102, С. 10–14.
6. Колесников А. И. Декоративная дендрология. 2-е издание. Лесная промышленность, 1974, 704 с.
7. Каталог дендрологической коллекции арборетума Государственного Никитского ботанического сада, Ялта, 1993.
8. Подгорный Ю. К. Сосны Ливадийского парка (Крым). Бюл. ГНБС, 1982, вып. 48, С. 36.
9. Подгорный Ю. К. Аннотированный каталог сосен арборетума Никитского ботанического сада. Ялта, 1977.
10. Bannister P., Neuner G. Frost resistance and the distribution of conifers, 2001, P. 3–22
11. Kral R. *Pinus*. Flora of North America Editorial Committee (eds.): Flora of North America North of Mexico, 1993, Vol. 2. Oxford University Press, P. 372–398.

Центральный ботанический сад и охрана природы в Беларуси

**Сидорович Е. А.¹, Кудин М. В.², Яковлев А. П.¹,
Белый П. Н.¹, Вашкевич М. Н.¹**

¹ Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь,
pavel.bely@tut.by

² Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, г. Минск,
Республика Беларусь, *geobotany304@tut.by*

Резюме. В статье обобщены результаты исследований, проведенных на охраняемых территориях учеными Центрального ботанического сада. Показана их роль в становлении и развитии природоохранной науки.

Central Botanical Garden and Nature Conservation in Belarus. [Sidorovich E. A.](#), Kudin M. V., Yakovlev A. P., Bely P. N., Vashkevich M. N. **Summary.** The article gives a generalization of the results of research carried out in protected areas by scientists of the Central Botanical Garden. Their contribution to the development and establishment of conservation science is shown.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси является самым крупным в стране центром по сохранению биологического разнообразия живых растений, ведущим научным учреждением в области интродукции, акклиматизации, физиологии, молекулярной биологии, биотехнологии, биохимии и экологии растений. Исследования и практическая работа в области интродукции растений обеспечила создание генофонда декоративных и хозяйственно-полезных интродуцированных растений из более 10 тысяч наименований, который составляет национальное достояние Республики Беларусь. Научные исследования в ботаническом саду, как правило, основаны на коллекционных фондах, хранящихся на его территории. Однако учеными ботанического сада проделан значительный объем работ по организации и проведению научных исследований природоохранной тематики (хотя данное направление является нетрадиционным для ботанических садов) также и на всей территории республики и, в частности, на особо охраняемых природных территориях.

В 1960 году в Центральном ботаническом саду АН БССР по инициативе его директора, академика Николая Владиславовича Смольского, создается лаборатория охраны природы. Возглавил ее д. б. н. А. В. Бойко. В разработке научных основ природоохранных мероприятий, экспериментальных эколого-фитоценологических исследований в разное время принимали участие сотрудники Центрального ботанического сада: Н. В. Смольский, Е. А. Сидорович, А. В. Бойко, Е. Г. Бусько, К. Д. Чубанов, А. Б. Моисеева, Н. М. Арабей, М. Ф. Фадеева, Л. П. Смоляк, Н. В. Лазнухо, К. К. Кирковский, Т. П. Суrowая, Н. И. Пикулик, А. В. Бортник, И. А. Шобанова, К. М. Евсиевич, Т. К. Гавриленко, И. Г. Зигмантович, А. И. Алехна, П. В. Веленко, С. Ф. Жданец, О. С. Козырь.

Научные разработки сотрудников лаборатории легли в основу обоснования необходимости организации Припятского заповедника. Ученые ботанического сада на территориях Березинского и Припятского заповедников выделили и описали территориальные комплексы и

гидрологические зоны, составили перечень и описание редких и исчезающих видов растений, установили закономерности режима и баланса грунтовых вод и продуктивности фитоценозов в различных категориях ландшафтов охраняемых территорий.

Березинский заповедник, организованный постановлением СНК БССР от 30 января 1925 года, принадлежит к числу первых заповедников в Советском Союзе. Первые шаги в изучении флоры и фауны заповедника проделаны в 30-е годы прошлого века, однако военная разруха и ликвидация заповедника в 1951 г. свели на нет все предпринятые усилия. В 1959 г. заповедник был восстановлен, однако «хозяйственники» все чаще говорили о нецелесообразности выделения средств на содержание заповедника. Академия наук и научная общественность настаивали на сохранении заповедного режима данной территории.

В 1963 г. сотрудники ЦБС (А. В. Бойко, Е. А. Сидорович, А. Б. Моисеева, В. А. Бердник, Т. П. Сухоцкая) впервые организуют постоянные стационарные пробные площади по изучению природных комплексов Березинского заповедника. Сбор фактического экспериментального материала проводили на постоянных пробных площадях трех геоботанических (гидрологических) профилей, пересекающих от русла р. Березины территорию заповедника по основным геоморфологическим элементам рельефа в северной, центральной и южной его частях (рис. 1).

На стационарных площадях изучали водно-физические и агрохимические свойства почвы, видовой состав, структуру и продуктивность фитоценозов, расход влаги за вегетационный период верхними и нижними ярусами растительности, суммарное, физическое и физиологическое испарение из зоны аэрации почвы, а также баланс грунтовых вод. Полученные многолетние экспериментальные материалы легли в основу написания многочисленных статей и монографий. Научными сотрудниками Центрального ботанического сада НАН Беларуси впервые выделены в природе по биогеоценотическому принципу природные комплексы Березинского заповедника, которые имеют отличительные особенности и характеризуются единством организма и среды. Эти особенности проявляются в общности водно-физических и химических свойств почвогрунтов, режима и баланса грунтовых вод, состава и строения верхних и нижних ярусов фитоценозов, их подземной и надземной фитомассы. Можно с уверенностью отметить, что более полной и глубокой обобщающей работы по сегодняшний день в Березинском заповеднике не проведено.

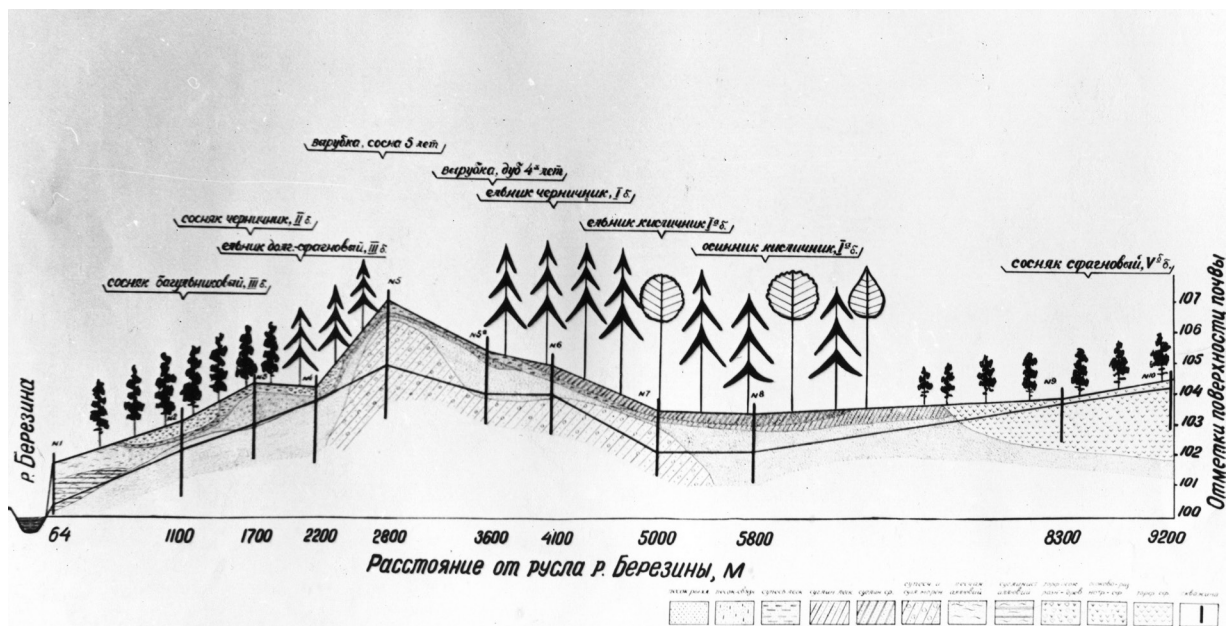


Рис. 1. Схематическое изображение центрального геоботанического профиля «Крайцы» — одного из трех геоботанических профилей, организованных при проведении стационарных исследований природных комплексов Березинского биосферного заповедника

Спустя два десятилетия, с 1981 по 1985 годы, коллектив ученых (Е. А. Сидорович, Е. Г. Бусько, А. И. Алехна, А. Н. Иодо, М. М. Мотыль, Л. Д. Рак, В. Л. Бурганский) проводит очередные исследования на территории Березинского заповедника по изучению радиационно-теплого режима и энергетических факторов продуктивности растительных комплексов заповедной территории. В ходе проведенных работ были выявлены закономерности пропускания и поглощения солнечного излучения древесным ярусом, подлеском, напочвенным покровом, вскрыты особенности продукционных и деструкционных процессов в различных типах леса. Особое место в работе занимают исследования биологического круговорота химических элементов, позволившие определить специфику обмена веществ в лесных фитоценозах и его различия в древостоях заповедника и зоны интенсивного влияния человеческой деятельности.

Важную роль сыграли сотрудники ботанического сада — Н. В. Смольский, Е. А. Сидорович, А. В. Бойко, К. М. Евсиевич, И. В. Лознухо, Н. М. Арабей, К. К. Кирковский, Т. П. Суrowая, А. К. Счастный — в организации Припятского заповедника и становлении научных исследований на заповедной территории. В 1966 году по заданию Государственного комитета по охране природы при СМ БССР научные сотрудники Центрального ботанического сада проводят детальное обследование и научное обоснование создания «Полесского» заповедника. В результате тщательной научной разработки, представленной Совету Министров БССР в 1969 году, был организован Припятский ландшафтно-гидрологический заповедник на площади 60,3 тыс. га (с 1996 г. он был преобразован в Национальный парк «Припятский»). В 1976 г. по итогам многолетних научных исследований вышла монография «Экспериментальные исследования ландшафтов Припятского заповедника». На территории заповедника выделено 10 типологических ландшафтных структур, представляющих собой последнюю во времени фазу развития ландшафтной среды, сложную функционально-хорологическую гомогенно-мозаичную, реже гомогенную структуру природных комплексов более низкого ранга, объединяемых внутренними связями и закономерностями.

В начале 70-х гг. прошлого века при участии и под руководством Е. А. Сидоровича, К. М. Евсиевичем, К. К. Кирковским, А. Б. Моисеевой выполнены исследования, послужившие основой для научного обоснования и организации заповедного охотничьего хозяйства «Налибокская пуца» на площади 55,0 тыс. га (в настоящее время преобразован в республиканский ландшафтный заказник «Налибокский»). Были проведены работы по составлению карты растительных комплексов заповедного хозяйства с установлением ее границ и описанием геологии, рельефа местности и почв, гидрографии и гидрологии района исследований. Кроме того, был проведен анализ растительности Налибокской пуцы и редких охраняемых растений, изучена кормовая база и животный мир обследуемой территории. Во второй половине 70-х гг. были проведены исследования по изучению радиационно-теплого режима и структуры лесных сообществ Налибокской пуцы (А. И. Алехна, Е. Г. Бусько, П. В. Веленко, С. В. Гусаков, А. Н. Иодо, В. И. Николаев, М. М. Мотыль, С. А. Сергейчик, Е. А. Сидорович, А. И. Фрадкин).

Следует отметить, что за цикл работ «Экспериментальные исследования природных растительных комплексов заповедных территорий (Березинского, Припятского заповедников, Налибокской пуцы)», выполненных Центральным ботаническим садом АН БССР, авторский коллектив (академик Н. В. Смольский, чл.-корр. Е. А. Сидорович, д. б. н. А. В. Бойко) в 1978 г. удостоены Государственной премии БССР.

В начале 90-х гг. прошлого века научный коллектив лаборатории экологической физиологии растений Центрального ботанического сада (Е. А. Сидорович, Е. Г. Бусько, К. Д. Чубанов, С. А. Сергейчик, Н. М. Арабей, К. К. Кирковский, А. А. Сергейчик, Н. И. Пикулик, О. С. Козырь) участвовал в выполнении научного проекта «Охрана биологического разнообразия лесов Беловежской пуцы». Основные вопросы, затронутые в ходе выполнения исследований, заключались в изучении уровня техногенного загрязнения лесных фитоценозов Беловежской пуцы, оценке риска загрязнения, а также контроле и смягчении его последствий. В результате проведенных исследований осуществлено зонирование белорусской части Беловежской пуцы по содержанию основных загрязнителей (сера, тяжелые металлы: свинец, кадмий, никель, хром, медь,

цинк, стронций, марганец, кобальт, молибден), разработаны физиолого-биохимические методы оценки стабильности лесных экосистем, намечены практические мероприятия, направленные на уменьшение негативного воздействия техногенного загрязнения на лесные сообщества заповедной территории.

В 1996–1997 гг. по договору с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь лабораторией экологической физиологии растений была проведена оценка риска техногенного загрязнения лесных экосистем Национальных парков «Браславские озера», «Нарочанский» и сопредельных с ними территорий. На основе данных лишеноиндикации в названных Национальных парках осуществлено в том же масштабе, что и для Беловежской пуши, зонирование их территорий по степени загрязнения серой и 8 тяжелыми металлами. В пределах Национального парка «Браславские озера» проведена также оценка состояния сосновых древостоев.

Таким образом, ученые Центрального ботанического сада внесли значительный вклад в разработку научно-практического обоснования развития сети особо охраняемых природных территорий Беларуси. Особенно следует подчеркнуть значимость научных изысканий, осуществленных на стационарных геоботанических профилях. Проведенные исследования позволили накопить богатый экспериментальный материал о структурных и функциональных нарушениях, характере поступления, превращения и аккумуляции загрязнителей в растительном покрове особо охраняемых природных территорий республики. На основании многолетних стационарных исследований осуществлена разработка и использование алгоритмов и прикладных программ для исследования структуры и функционирования лесных фитоценозов. С полной определенностью можно утверждать, что исследования такого научного уровня вряд ли можно повторить в ближайшее время. К большому сожалению, данные многолетних наблюдений опубликованы лишь частично, хотя представляют огромный научный и практический интерес.

Характеристика видов растительности и биотических групп заказника «Простырь»

Солдатенков Г. И., Бученков И. Э.

Международный экологический институт им. А. Д. Сахарова БГУ, Минск, Беларусь,
soldatenkovgb@mail.ru

Резюме. В статье представлены результаты исследований видового состава растительности заказника «Простырь». Было выявлено, что на территории заказника произрастает 6 видов растений занесенных в Красную книгу Республики Беларусь, доминируют низинные болота, а из кустарниковых доминируют виды ив: трехтычинковая (*Salix triandra*), пепельная (*S. Cinerea*), ушастая (*Salix aurita*) и розмаринолистная (*Salix rosmarinifolia*).

The characteristics of kinds of vegetation and biotic bunches of the preserve of «Prostyr» Soldatenkov G. I., Buchenkov I. E. **Summary.** The article presents the results of studies of the species composition of the vegetation of the preserve «Prostyr». It was revealed that 6 species of plants listed in the Red Book of the Republic of Belarus grow on the territory of the reserve, lowland bogs predominate and willow species dominate from shrubbery: *Salix triandra*, *S. cinerea*, *Salix aurita* and *Salix rosmarinifolia*.

Заказник «Простырь» характеризуется большим биоразнообразием. Его территория насчитывает огромное количество древесной и кустарниковой растительности, среди них виды, занесенные в Красную книгу Республики Беларусь. Данная растительность представляет большую ценность, так как играет немаловажную роль в жизни не только животного мира, но и человека. Так, к примеру, животные используют растительность в качестве укрытия и гнездования, а человек в древесно-перерабатывающей промышленности. И именно эти вопросы стали основополагающими для выбора этой темы.

Целью наших исследований было изучение и анализ видового состава заказника «Простырь». В этой связи предполагалось провести: геоботанический анализ растительности, ревизию популяций охраняемых и редких видов растений.

Объектом исследования являлись растительные ресурсы заказника «Простырь», особенно их использования и охраны.

Для выполнения исследований была использована специальная научная литература, методические пособия и определители по проведению флористических исследований, а также топографические карты и карты растительности заказника «Простырь».

Изучение видового состава растений и выявление новых местонахождений охраняемых видов на территории заказника «Простырь» проводилось в ходе полевых сезонов 2014–2016 гг. (с мая по сентябрь) маршрутным и детально-маршрутным методами. Основой для них послужила заранее разработанная в ходе предварительного этапа исследования сеть маршрутов, которая охватывала различные фитоценозы заказника.

Маршруты разрабатывались с использованием имеющихся топографических карт. При составлении маршрутов учитывались также данные научных отчетов и публикаций, сведения об известных местонахождениях охраняемых видов. По ходу движения по маршруту оценивалось состояние биотопов, составлялся общий список растений заказника, охраняемые виды растений фотографировались.

Определение видовой принадлежности растений проводилось с помощью диагностических ключей, рисунков и описаний, имеющих в литературе. При обнаружении ранее неизвестных мест произрастания охраняемых видов, проводилось их подробное геоботаническое описание, осуществлялась точная привязка на местности с использованием GPS навигаторов и топографических карт. Наиболее интересные во флористическом отношении растительные сообщества посещались повторно в различные фенологические сезоны.

В ходе полевых обследований, с целью оценки современного состояния ценопопуляций, были также проинспектированы некоторые наиболее крупные по площади из известных местонахождений охраняемых видов растений. Так, территория заказника «Простырь» находится в подзоне широколиственно-сосновых лесов на территории Бугско-Полесского геоботанического округа и расположена в Среднеприпятском западном подрайоне Пинско-Припятского геоботанического района. Территория заказника сильно заболочена, что нашло отражение в составе растительного покрова. Здесь преобладают переувлажненные и довольно однообразные гидро — и гигрофильные растительные сообщества, поскольку лишь небольшое число видов может успешно выдерживать затопление в течение двух-трех месяцев [1].

Растительный покров заказника представлен заливными осоковыми и осоково-разнотравными лугами, осоковыми и тростниковыми болотами, доминируют низинные болота. Берега стариц и протоков заняты в основном озерно-камышовыми ассоциациями.

Лесные фитоценозы представлены преимущественно черноольховыми сообществами, в меньшей степени кустарниковыми. На территории заказника по левобережью Простыри и по берегам Гнилой Припяти расположены несколько участков черноольховых лесов, которые составляют около 5% территории. В основном это сорокалетние древостои ольсы крапивного. По пойме разбросаны единичные деревья ольхи, ивы белой (*Salix alba*), ломкой (*S. fragilis*), пяти-тычинковой (*S. pentandra*) — маломощных, низкорослых, высотой не более 8–10 м.

Кустарники расположены в основном вдоль рек и каналов, в центральной части представлены отдельными куртинами или произрастают единично. В последнее время отмечена тенденция к расширению их площадей [2]. Из кустарниковых ив доминируют четыре вида: трехтычинковая (*S. Triandra*), пепельная (*S. Cinerea*), ушастая (*S. aurita*), розмаринолистная (*S. rosmarinifolia*). Среди ив встречаются плодоносящие кусты калины красной (*Viburnum opulus*), крушины ломкой (*Frangula alnus*).

Структура растительных сообществ в существующих и перспективных границах заказника представлена в табл. Как свидетельствуют данные табл., структура растительных сообществ в существующих и перспективных границах имеет тенденцию к изменению. Это связано с тем обстоятельством, что в состав заказника будет включено более 1600 гектаров земель лесного фонда. В перспективных границах заказника доля водно-болотных угодий снизится с 40 до 25% территории, в том числе площадь низинных болот составит около 21%, рек и озер — около 4%. Доля лесов в заказнике возрастет до 18%, площадь, занятая кустарниками, составит около 30% всей территории заказника [3].

Флора заказника «Простырь» из-за сильной заболоченности и абсолютного доминирования эвтрофных пойменных болот отличается сравнительно невысоким видовым разнообразием. Выявлено 525 видов высших сосудистых растений, большая часть из которых являются типичными гидро — и гигрофитами.

Уникальность флоры заказника обусловлена наличием флористических комплексов, характерных для пойменных лугов и пойменных низинных болот, ранее широко распространенных в Полесье. В результате обширной мелиорации в 50–70 гг. прошлого столетия эти фитоценозы, в большинстве своем, стали редкими.

Данная территория до настоящего времени остается слабодоступной для хозяйственного использования из-за долгопоемного режима и обилия водотоков, стариц, протоков и других переувлажненных угодий, поэтому водно-болотные комплексы имеют относительно хорошую сохранность.

Соотношение основных биотопов заказника «Простырь»

Тип биотопа	% занимаемой площади		Особенности
	в существующих границах	в перспективных границах	
Леса и залесенные территории, из них	30	48	
широколиственные леса	–	<0,1	представлены небольшими участками
хвойные леса	–	<0,1	
смешанные леса	–	<0,1	
мелколиственные леса	<0,1	17	
кустарники	30	30	
лесные культуры	–	<0,1	
Луга, из них	30	27	
сухие остепненные	–	–	
влажные пойменные	–	–	
внепойменные	–	–	
Водно-болотные угодья	40	25	
Стоячие пресные водоемы	2	1	старицы, представленные в пойме Припяти, сильно зарастают
Реки и ручьи	3	3	
Верховые болота	–	–	
Низинные болота	35	21	
Переходные болота	–	–	
Песчаные дюны	–	–	
Антропогенные ландшафты	<0,1	<0,1	
Сеянные луга	–	–	
Пашни	–	–	
Пастбища	<0,1	<0,1	
Парки, сады	–	–	
Урбанизированные и индустриальные территории	–	–	
Дороги, линии коммуникаций	–	–	
Поля фильтрации, отстойники	–	–	

Участки, примыкающие к руслу Припяти и Простыри, покрыты крупнозлаковыми и разнотравными ассоциациями с преобладанием манников наплывающего (*Glyceria fluitans*) и большого (*G. maxima*), мятлика болотного (*Poa palustris*), лютика жгучего (*Ranunculus flammula*), полевицы ползучей (*Eriophorum polystachyon*), частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica*), двухисточника тростникового (*Phalaroides arundinacea*), а также влаголюбивого разнотравья.

Слегка повышенные элементы рельефа заняты разнотравно-злаковыми лугами. В видовом составе преобладают злаки: 3 вида полевицы (*Agrostis*), колосок душистый (*Anthoxanthum odoratum*), метлица полевая (*Apera spicata-venti*), трясунка средняя (*Briza media*), гребенник обыкновенный (*Cynosurus cristatus*), ежа сборная (*Cynosurus cristatus*), луговик дернистый

(*Deschampsia cespitosa*), овсяница красная (*Festuca rubra*), 3 вида мятлики (*Poa*), тимopheевка луговая (*Phleum pratense*) и т. д. Широко представлены здесь осоки и разнотравье, в том числе фиалка трехцветная (*Viola tricolor*), лютик ползучий (*Ranunculus repens*), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*), чина луговая (*Lathyrus pratensis*), гравилат речной (*Geum rivale*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), щавель пирамидальный (*Rumex pyramidalis*), подорожники ланцетолистный (*Plantago lanceolata*) и большой (*Pl. major*), лютики едкий (*Ranunculus acris*) и жгучий (*R. flammula*), василек луговой (*Centaurea jacea*), лапчатка гусиная (*Centaurea jacea*); в понижениях — ситник коленчатый (*Juncus inflexus*).

Значительные площади заняты тростниковыми сообществами. Наряду с тростником обыкновенным (*Phragmites australis*) здесь произрастают манник наплывающий (*Glyceria fluitans*), камыш озерный (*Schoenoplectus lacustris*), рогозы широколистный (*Typha latifolia*) и узколистный (*T. angustifolia*), хвощи приречный (*Equisetum fluviatile*) и болотный (*E. palustre*). Они занимают плоскую, сильно заболоченную пойменную террасу. В месте впадения реки Простырь в Припять заросли тростника достигают 3 м высоты.

Зона переувлажненной и заболоченной поймы, окружающая старицы и протоки, покрыта хвощево-осоковыми ассоциациями. В травостое наиболее обычны осоки — острая (*Carex acuta*), черная (*C. nigra*), пузырчатая (*C. vesicaria*), двурядная (*C. disticha*), сближенная (*C. appropinquata*), лисья (*C. vulpina*), вздутая (*C. rostrata*), хвощ топяной (*Equisetum fluviatile*) и влаголюбивое разнотравье — незабудка болотная (*Myosotis palustris*), лютик ядовитый (*Ranunculus sceleratus*), подмаренник болотный (*Galium palustre*), полевица собачья (*Agrostis canina*), калужница болотная (*Caltha palustris*), сабельник болотный (*Comarum palustre*), пушица многоколодовая (*Eriophorum polystachyon*).

В районе д. Хойно на правобережной пойме в ложбинах доминирует осока острая (*C. acuta*). На значительных глубинах озер и протоков расположена полоса рдеста плавающего (*Potamogeton natans*) в сочетании с элодеей канадской (*Elodea canadensis*). Ближе к берегу выделяется полоса растений с плавающими на поверхности листьями: кувшинка чисто-белая (*Nymphaea candida*), кубышка желтая (*Nuphar lutea*), горец земноводный (*Polygonum amphibium*), водокрас лягушачий (*Hydrocharis morsus-ranae*), ряски малая (*Lemna minor*) и трехдольная (*L. trisulca*), телорез алоэвидный (*Stratiotes aloides*).

Полоса высоких погруженных в воду макрофитов состоит из камыша озерного (*Schoenoplectus lacustris*), манника большого (*Glyceria maxima*) и хвоща топяного (*Equisetum fluviatile*).

Полоса прибрежно-водных растений включает вахту трехлистную (*Menyanthes trifoliata*), ежеголовник прямой (*Sparganium erectum*), частуху подорожниковую (*A. plantago-aquatica*), стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia*), хвощ топяной (*Equisetum fluviatile*), касатик желтый (*Iris pseudacorus*), рогозы широколистный (*Typha latifolia*), режа узколистный (*T. angustifolia*). Так же здесь очень много айры обыкновенного (*Acorus calamus*), который, однако, не создает больших зарослей, но небольшими участками по понижениям распространен почти повсеместно.

На территории заказника «Простырь» встречается 6 редких видов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь. Среди них сальвиния плавающая (*Salvinia natans*), сиелла прямостоячая (*Siella erecta*), крапива киевская (*Urtica kioviensis*), волдырник ягодный (*Cucubalus baccifer*), кувшинка белая (*Nymphaea alba*) и ирис сибирский (*Iris sibirica*). Также выявлен вид, охраняемый в Европе (Бернская конвенция) — наголоватка васильковая (*Jurinea cyanoides*).

На территории заказника встречается и ряд редких для республики, ареальных видов растений, находящихся в Беларуси на естественных границах распространения. Это *Corynephorus canescens*, *Silene lithuanica*, *Koeleria glauca*, *Tragopogon belorussicus*, *Festuca polesica*, *Euphorbia cyparissias*, *Ophioglossum vulgatum*, *Batrachium trichophyllum*, *Alisma lanceolata*, *Senecio tataricus*, *Gratiola officinalis*, *Eleocharis uniglumis*, *Teucrium scordium*, *Salix purpurea*, *Viola persicifolia*, *Juncus inflexus*, *Carex disticha*, *Carex serotina*, *Viscum album*, *Gypsophilla paniculata*, *Verbascum phoeniceum*, *Coronilla varia*, *Holcus lanatus*, *Scrophularia umbrosa*, *Succisiella inflexa*.

В целом рассматриваемая территория является довольно типичной и эталонной для Белорусского Полесья. Здесь в наименее нарушенном состоянии представлены фрагменты разноо-

бразных по растительному покрову участков пойменных болот, которые составляли в недавнем прошлом обширный массив Пинских болот. Сохранившиеся растительные комплексы, несомненно, требуют внимания и охраны, как места произрастания ряда редких и охраняемых видов растений [4].

Ботанический сад может сыграть существенную роль в их сохранении. Собрав по одному представителю каждого вида можно не просто расширить коллекцию ботанического сада, но и производить надлежащий уход за ними, способствовать их размножению и уберечь от негативных воздействий, которым они могут подвергнуться на территории заказника «Простырь».

Список литературы

1. Астапович, А. В. Сосновые леса Белорусского Полесья / А. В. Астапович // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. Выпуск 67. — Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2007. — С. 9–14.
2. Ипатьев, В. А. Лесные ресурсы Беларуси: состояние, перспективы / В. А. Ипатьев / Природные ресурсы, № 1. — Мн.: Наука и техника, 2005. — С. 56.
3. Голод, Д. С. Вопросы выполнения Плана действий по сохранению и использованию ресурсов растительного мира / Д. С. Голод, Г. Ф. Рыковский // Природные ресурсы, № 3. — Мн.: Наука и техника, 2008. — С. 38–44.
4. Голод, Д. С. Растительные ресурсы Беларуси, их состояние и рациональное использование / Д. С. Голод. Природные ресурсы, № 1. — Мн.: Наука и техника, 2006. — С. 88–101.

Особенности аккумуляции восстановленной формы глутатиона в листьях некоторых видов древесно-кустарниковых растений

Сыщик Д. В.

Донецкий ботанический сад МОН ДНР, Донецк, ДНР, 2007dmitry@rambler.ru

Резюме. Проведены исследования динамики содержания восстановленной формы глутатиона у видов родов *Ribes* L. и *Larix* Mill. разного ботанико-географического происхождения. У исследованных видов установлена высокая концентрация антиоксиданта. Показано, что наибольшая антиоксидантная емкость характерна европейским видам родов *Ribes* L. и *Larix* Mill.

Features of the glutathione reduced form accumulation in leaves of some species of wood and shrubby plants. Syshchikov D. V. **Summary.** Are conducted the researches of dynamics of glutathione reduced form maintenance which at species of the genus *Ribes* L. and *Larix* Mill. different botanical-geographical origin. At the studied species it is established high antioxidant concentration. It is shown that the largest antioxidant capacity is characteristic to the European species of the genus *Ribes* L. and *Larix* Mill.

Глутатион является одним из важнейших эндогенных антиоксидантов, низкомолекулярным внутриклеточным тиолом, на долю которого приходится 90–95% от общего количества тиоловых соединений в клетке [6]. У высших растений он играет ключевую роль в превращении интермедиатов, генерируемых в клеточном метаболизме или образующихся под действием неблагоприятных факторов внешней среды [5, 8]. К сожалению, на сегодня внимание исследователей в основном сосредоточено на изучении концентрации глутатиона у растений, испытывающих негативное техногенное влияние, но при этом ассортимент модельных видов невелик. Вместе с этим практически не исследуется сезонная динамика содержания восстановленной формы глутатиона у растений разных родов и ареалов распространения, что и являлось целью наших исследований.

Объектами исследований были древесно-кустарниковые виды разного географического происхождения родов *Ribes* L. — *R. lucidum* Kit. (ареал: европейская часть СНГ, средняя и южная Европа), *R. diacantha* Pall. (Восточное Забайкалье, Монголия, Маньчжурия, Корейский полуостров) и *R. komarovici* Pojark. (Дальний Восток — южная часть Приморского края, северная часть Корейского полуострова), *Larix* Mill. — *L. decidua* Mill. (Альпы, Карпаты) и *L. sukaczewii* Dyl. (Урал, Западная Сибирь), произрастающие в дендрарии Криворожского ботанического сада НАН Украины (КБС НАН Украины) [2, 3]. Для определения содержания глутатиона листья и хвоя отбирались у модельных деревьев с 1–2 летних побегов среднего яруса кроны. Концентрация восстановленной формы глутатиона определялась по модифицированному нами методу Е. Бьютлера [1, 4].

Анализ данных накопления восстановленной формы глутатиона в листьях показал, что в весенний период при достаточно высокой температуре воздуха и низком уровне дефицита влаги из исследованных видов рода *Ribes* L. наивысшим содержанием антиоксиданта отличается *R. lucidum*, климатические условия природного ареала распространения которого наиболее схожи с условиями КБС НАН Украины (табл.). В то же время для образца *R. komarovici* № 2 отмечена наиболее низкая концентрация исследуемого трипептида, составляющая 11,5 мМоль/г сырого вещества. *R. diacantha* и *R. komarovici* образец № 1 по уровню накопления восстановленной

формы глутатиона составляли промежуточную группу. Следует также отметить, что у исследованных образцов *R. komarovici* отмечена статистически достоверная разница содержания глутатиона. Так, в листьях *R. komarovici* № 1 его концентрация в 2,3 раза превышала аналогичные показатели у *R. komarovici* № 2. Таким образом, принимая во внимание наличие разницы морфологических признаков и ритма развития этих двух образцов, возникает вопрос об уточнении их таксономического положения.

Концентрация восстановленной формы глутатиона в листьях видов родов *Ribes* L. и *Larix* Mill. (мМоль/г сырого вещества)

Вид	Весна		Лето		Осень	
	М±m	V, %	М±m	V, %	М±m	V, %
<i>Ribes lucidum</i>	46,6±3,55	15,2	30,9±1,69*	11,0	25,7±0,88*	6,9
<i>Ribes diacantha</i>	19,2±1,32	13,8	27,6±1,16*	8,4	33,5±0,33*	2,0
<i>Ribes komarovici</i> № 1	26,9±1,41	10,5	32,9±1,28*	7,8	37,8±2,29*	12,1
<i>Ribes komarovici</i> № 2	11,5±0,27	4,6	25,2±1,24*	9,8	30,3±0,14*	0,9
<i>Larix decidua</i>	12,6±0,7	11,2	17,0±0,18*	2,1	17,5±0,68*	7,8
<i>Larix sukaczewii</i>	10,1±0,79	15,5	23,9±0,6*	5,0	28,5±1,63*	11,5

Примечание: * различия достоверны относительно весеннего периода исследований

В хвое двух исследованных видов рода *Larix* уровень накопления глутатиона выявился наиболее низким среди представителей рода *Ribes* и в весенний период не превышал 13 мМоль/г сырого вещества. Полученные данные по относительно низкому содержанию данного антиоксиданта у хвойных пород по сравнению с другими древесными растениями хорошо согласуются с приведенными в литературе [7, 9]. Наряду с этим, у *L. sukaczewii* с более восточным ареалом распространения концентрация глутатиона была статистически достоверно ниже на 20% чем у европейского вида — *L. decidua* (табл.).

В летний период при максимальной температуре воздуха и существенном дефиците влаги усиливается интенсивность процессов пероксидации и соответственно напряженность функционирования антиоксидантных систем защиты растительной клетки (в том числе и глутатионзависимой). Соответственно этому концентрация исследуемого трипептида статистически достоверно возрастает в 1,2–2,2 раза в органах ассимиляции видов рода *Ribes*, за исключением *R. lucidum*, у которого содержание глутатиона снижалось более чем на 30% (табл.). Вероятно, что у этого вида скорость использования восстановленной формы глутатиона в процессах антиоксидантной защиты преобладает над скоростью его биосинтеза или реутилизации при участии глутатионредуктазы. Следует отметить, что по абсолютным показателям содержания трипептида, которые находились в пределах от 25 до 33 мМоль/г сырого вещества разница в его накоплении между видами одного рода не установлена. Как и на предыдущем этапе исследований, два образца *R. komarovici* отличаются по концентрации антиоксиданта в листьях, однако отличия в его содержании менее выражены по сравнению с отбором проб весной (концентрация восстановленной формы глутатиона у первого образца превышает его содержание у второго в 1,3 раза (табл.)). Интенсификация процессов антиоксидантной защиты наблюдается и у лиственниц. Так, содержание глутатиона в летний период в хвое *L. decidua* и *L. sukaczewii* возрастало в 1,3 и 2,4 раза соответственно. Наряду с этим, в отличие от предыдущего периода исследований, большей антиоксидантной емкостью и темпами возрастания концентрации глутатиона отличается *L. sukaczewii*, у которой содержание последнего почти на 30% превышает аналогичный показатель у *L. decidua* (табл.).

Проведенные исследования свидетельствуют, что тенденция к возрастанию концентрации глутатиона в листьях большинства видов рода *Ribes* отмечается и в осенний период. В частно-

сти, как у *R. diacantha*, так и у обоих образцов *R. komarovici* зафиксировано дальнейшее возрастание концентрации антиоксиданта на 15–20%. По нашему мнению, это обуславливается усилением процессов перекисидации связанных уже не с экстремальными условиями окружающей среды (высокая температура воздуха и дефицит влаги), а со старением листьев. И только у *R. lucidum* содержание восстановленной формы глутатиона уменьшается и в дальнейшем (и является наиболее низким среди других исследованных видов), однако темпы этого снижения существенно замедляются (табл.). Следует также отметить, что отмеченная в предыдущие периоды исследования разница в накоплении восстановленной формы глутатиона в листьях двух образцов *R. komarovici* наблюдается и в конце вегетации.

Полученные данные по содержанию трипептида в хвое лиственниц позволяют констатировать, что интенсивность его накопления у *L. sukaczewii* в осенний период продолжает возрастать, по сравнению как с предыдущим этапом исследований, так и с другим видом. Так, концентрация глутатиона в хвое *L. sukaczewii* в осенний период исследований превышает его содержание в летний на 20%, а по отношению к *L. decidua* концентрация антиоксиданта возросла на 38%. Наряду с этим, для *L. decidua* не установлено статистически достоверной разницы в накоплении антиоксиданта по сравнению с аналогичными показателями летом.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать выводы, что исследуемые виды отличаются высоким содержанием восстановленной формы глутатиона. Полученные данные антиоксидантного статуса клеток (по концентрации глутатиона) могут быть свидетельством успешности интродукционного испытания исследуемых видов родов *Ribes* и *Larix* в условиях Криворожского ботанического сада НАН Украины. По концентрации исследуемого антиоксиданта виды рода *Ribes* с европейским ареалом являются менее устойчивыми по сравнению с дальневосточными видами. Принимая во внимание существенную разницу в накоплении восстановленной формы глутатиона на протяжении всего периода исследований для двух образцов *R. komarovici* необходимы дальнейшие исследования, направленные на уточнение их таксономического положения. Среди двух видов лиственниц большая антиоксидантная емкость (по содержанию восстановленной формы глутатиона) присуща *L. sukaczewii* с более восточным ареалом распространения.

Список литературы

1. Гришко В. Н., Сыщиков Д. В. Метод определения восстановленной формы глутатиона в вегетативных органах растений. Украинский биохимический журнал, 2002, 74, 4 б, 123–124.
2. Дендрофлора України. Дикорослі та культивовані дерева й кущі. Голонасінні: Довідник / Кохно М. А., Гордієнко Г. С., Захаренко О. М. і ін. Київ: Вища школа, 2001, 207.
3. Федоровский В. Д., Мазур А. Е. Древесные растения Криворожского ботанического сада. Днепрпетровск: Проспект, 2007, 256.
4. Beutler E., Duran O., Kelly B. U. The definition of glutathione in blood. J. Lab. Chim. Med., 1963, 61, 5, 882–886.
5. Jimenez A., Hernandez J. A., Del Rio L. A., Sevilla F. Evidence for the presence of the ascorbate-glutathione cycle in mitochondria and peroxisomes of pea leaves. Plant Physiol., 1997, 114, 275–284.
6. Noctor G., Strohm M., Jouanin L. Synthesis of glutathione in leaves of transgenic poplar overexpressing γ -glutamylcysteine synthetase. Plant Physiol., 1996, 112, 1071–1078.
7. Polle A., Kroniger W., Rennenberg H. Seasonal fluctuation of ascorbate-related enzymes: acute and delayed effects of late frost in spring on antioxidative systems in needles of Norway Spruce (*Picea abies* L.). Plant Cell Physiol., 1996, 37, 6, 717–725.
8. Rauser W. E. Phytochelatins and related peptides: structure, biosynthesis and function. Plant Physiol., 1995, 109, 1141–1149.
9. Schupp R., Rennenberg H. Diurnal changes in the glutathione content of spruce needles (*Picea abies* L.). Plant Sci., 1988, 57, 113–117.

Визуальная оценка экологического состояния клена остролистного (*Acer platanoides*) и других древесных пород в парке-дендрарии Ботанического сада БИН им. В. Л. Комарова РАН

Терехина Н. В., Семёнов О. М.

Санкт-Петербургский Государственный Университет, Санкт-Петербург, Россия,
n.terehina@spbu.ru

Резюме. В работе приведены результаты исследования физиономических признаков угнетения древесных пород, проявляющихся вследствие загрязнения среды. Выявлены различия в состоянии деревьев на участках парка и в фоновых условиях. Даны количественные показатели степени выраженности биологических реакций растений.

Visual assessment of *Acer platanoides* and other trees ecological state in park-arboretum of Komarov Botanical Institute (BIN RAS). Terekhina N. V, Semenov O. M. **Summary.** The paper presents the results of a study of physiognomic signs of oppression of tree species, which are manifested due to environmental contamination. Differences between trees for parts of the park and background place were found. Quantitative indexes of expression degree of plants biological reactions of are given.

Введение

Ботанический сад Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН, находящийся в Санкт-Петербурге, является одним из старейших ботанических садов в России, обладает уникальной коллекцией растений, а также является относительно крупным зелёным массивом в историческом центре города. На его территории были отмечены случаи угнетения и гибели деревьев вида клён остролистный (*Acer platanoides*), высаженных вдоль границ сада. В целом, для Санкт-Петербурга остро стоит проблема загрязнения почв свинцом, цинком и кадмием, для которых из года в год выявляется соответственно 70%, 60% и 50% проб с превышением нормативов, а большая часть Петроградского района характеризуется опасным уровнем загрязнения почв [1]. В районе отмечается стабильно высокое превышение предельно допустимых концентраций воздушных загрязнителей, а состояние атмосферного воздуха оценивается как одно из самых неблагоприятных среди остальных городских районов. Исходя из этого, было выдвинуто предположение, что древесные породы страдают вследствие загрязнения городской среды. Для проверки этой гипотезы было проведено описание физиономического состояния всех деревьев, высаженных вдоль границ сада, на 3 пробных площадях в его центре, а также в парке «Дубки», находящемся в г. Сестрорецке — пригороде Санкт-Петербурга.

Методы исследования

Были исследованы деревья, высаженные по периметру парка-дендрария, вдоль набережной реки Карповки (южная граница парка), вдоль Аптекарской набережной с интенсивным авто-

транспортным движением (восточная граница парка), а также вдоль Аптекарского проспекта (западная граница парка). Северная граница не исследовалась, так как в этой части территории расположены хозяйственные постройки и древесные породы отсутствуют. Также были заложены 3 пробные площади в центре парка, на расстоянии 175, 150 и 120 м от ближайших улиц. В парке «Дубки» изучение древесных пород проводилось на 4 пробных площадях. Полевые работы проводились в июле 2017 года.

В ходе исследования проводилось описание морфологических характеристик деревьев с указанием физиономически выраженных биологических реакций. В первую очередь определялся класс сквозистости крон: 1-й класс — наилучший, со сквозистостью до 20%, при которой просветы неба видны лишь сквозь естественную мозаику листьев, крона равномерно развитая, пышная; промежуточные (2-й, 3-й, 4-й) классы характеризуются соответственно сквозистостью 21–40, 41–60, 61–80%; 5-й класс — наихудший, просветы большие (сквозистость 81–100%). Также были описаны признаки поражения листьев биогеохимическими (вызванными абиотическими экологическими факторами) хлорозом/некрозом, отмечены проявления паразитарного поражения листьев.

В камеральных условиях по полученным данным был подсчитан сводный показатель жизнеспособности для каждого растения. Для этого значения всех показателей были нормированы, путём перевода в баллы (табл. 1) [2, 3]. После перевода численных показателей состояния растений в балльные, вычислялся сводный показатель жизнеспособности для конкретного насаждения. Так как значимость признаков при оценке влияния среды на растения для разных признаков неодинакова, то для вычисления сводного показателя используются весовые коэффициенты [4]. Для класса сквозистости и биогеохимического хлороза были выбраны весовые коэффициенты $w=0,25$, для биогеохимического некроза — $w=0,5$.

Затем, после суммирования нормированных и взвешенных показателей, вычисляется среднее значение сводного показателя для каждого участка. Полученное значение представляет собой интегральную оценку насаждения в целом.

Таблица 1

Перевод класса сквозистости и % поражения листьев в баллы [2, 3]

Показатели состояния	Баллы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Биогеохимический хлороз (% поражения листьев)	0–5	6–15	16–25	26–50	51–75	76–100		
Биогеохимический некроз (% поражения листьев)	0	1–5	6–10	11–15	16–20	21–30	31–50	51–100
Сквозистость	1–1,4	1,5–1,9	2–2,4	2,5–2,9	3–3,4	3,5–3,9	4–4,5	4,6–5

Сводный показатель вычисляется по следующей формуле:

$$Q = Q(q;w) = Q(q_1, \dots, q_m; w_1, \dots, w_m) = \sum q_i w_i,$$

где q — нормированные значения показателей; w — весовые коэффициенты [4].

Его значения могут варьировать от 1 (отличное состояние) до 7 (неудовлетворительное состояние).

Непосредственно во время полевых работ определялся также эмпирический балл жизнеспособности от 1 до 5, учитывающий класс сквозистости крон и все признаки поражения листьев (как биотические, так и абиотические), где 1 характеризует визуально абсолютно здоровое дерево с 1 классом сквозистости и отсутствием каких-либо ярко выраженных поражений, а 5 — сильно угнетённый экземпляр, практически утративший листву. В камеральных условиях на

основе этих данных были вычислены средние баллы жизненности для исследованных участков, как по всем древесным породам, так и по клёну остролистному, как основной породе.

Результаты и их обсуждение

У каждой границы сада посадки имели различные особенности. Так, только на набережной реки Карповки присутствовал сухостой, здесь было зафиксировано большое количество пней от спиленных деревьев. В этой посадке представлено большое разнообразие древесных пород (вяз шершавый *Ulmus glabra*, дуб черешчатый *Quercus robur*, различные виды лип *Tilia*, представители рода ясень *Fraxinus*, маньчжурский орех *Juglans mandshurica*, ива козья *Salix caprea*, черёмуха *Padus avium* и некоторые другие виды). Среди всего разнообразия наихудшее состояние показывал вяз гладкий (4–5 класс сквозистости, несколько сухих экземпляров). Что касается липы и дуба, то они находились в относительно хорошем состоянии (1 и 2 класс сквозистости, но при этом выраженные паразитарные поражения, особенно у дуба, а также признаки биогеохимического стресса у некоторых лип, высаженных непосредственно у ограды). Состояние остальных пород (ясеня, черёмухи и других) хорошее, явных признаков угнетения отмечено не было. Также в некоторых участках на поверхности почвы были видны признаки переувлажнения. Аптекарская набережная характеризовалась меньшим видовым разнообразием (в основном дуб, клён и липа), однако растения со сквозистостью хуже третьего класса здесь отмечены не были, как и пни. Посадка вдоль Аптекарского проспекта в основном состоит из клёна остролистного, который в некоторых местах высажен в 3 ряда, образуя рощу. Сильно угнетённых экземпляров здесь также не было отмечено, однако в плотных насаждениях у деревьев явно проявлялись паразитарные поражения, особенно мучнистая роса (до 100% листьев с поражением листовой пластины до 80%). В центральной части парка исследовались только виды клёна остролистный (*Acer platanoides*) и липа мелколистная (*Tilia cordata*). Эта часть характеризуется хорошим состоянием пород, без признаков биогеохимического стресса, однако присутствовали паразитарные поражения. Результаты обработки полевых данных представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты физиономических исследований

Исследованные участки	по клёну			по всем породам		
	кол-во стволов	сводный показатель жизненности	средний балл по жизненности (эм-пирический)	кол-во стволов	сводный показатель жизненности	средний балл по жизненности (эм-пирический)
Набережная р. Карповки	21	2,33	2,05	44	1,85	2,07
Аптекарская набережная	23	1,53	1,78	53	1,36	1,87
Проспект Аптекарский	36	1,19	2,17	43	1,12	2,05
Центр парка-дендрария	5	0,65	1,40	13	1,02	1,92
Парк Дубки	9	0,50	1,50	14	0,55	1,40

По полученным данным чётко видно худшее состояние древесных пород всех видов у окраин парка по сравнению с его центром, что говорит о негативном влиянии городской среды в целом и автотрасс в частности на пограничные части зеленых насаждений, принимающих на себя основной удар атмосферных загрязнителей и, возможно, повышенную дозу противогололедных средств. Различия между вычисленными показателями и показателями, полученными

эмпирически, имеют некоторые различия, что связано с влиянием на вторые целого ряда разнообразных типов паразитарного поражения листьев, не учтенных при вычислении сводного показателя. Клён остролистный, как основная древесная порода в пограничных посадках, в целом повторяет картину, полученную по всем учтенным породам, что позволяет использовать его как индикаторный вид для оценки экологического состояния городской среды.

Необходимо отметить, что определение жизненного состояния растений эмпирическим путём, может вносить искажения в результаты и сглаживать их значения относительно друг друга. Исходя из полученных результатов можно сделать вывод о негативном влиянии близости проезжей части на древесные породы, что, обусловлено загрязнением, источником которого является автотранспорт. Однако, судя по тому, что посадки вдоль наиболее интенсивной автомагистрали не являются наиболее угнетёнными, важную роль явно играют и другие факторы среды, например, повышенный уровень грунтовых вод, характерный для южной границы сада (набережная реки Карповки, характеризующаяся наихудшим значением сводного показателя).

Выводы

Древесные породы в парке-дендрарии БИН РАН подвержены стрессу, связанному с влиянием городской среды, но в целом их состояние можно оценить как удовлетворительное. Судя по значительному улучшению состояния посадки в центре, по сравнению с краевыми можно сделать вывод о влиянии загрязнения на растения, однако оно явно является не единственным фактором вызывающим стресс. Кроме того, исходя из более контрастных значений сводного показателя жизнестойкости между участками, клён остролистный (*Acer platanoides*) является более чувствительной к влиянию городской среды древесной породой, что позволяет использовать её в качестве индикатора уровня техногенной нагрузки на городские зеленые насаждения. В целом, на краевых участках парка необходимо высаживать многоярусные насаждения из видов устойчивых к антропогенному загрязнению, которые могут, даже аккумулируя поллютанты в себе, сохранять эстетический облик. Помимо этого необходимо проводить мелиорационные работы по осушению почв в южной части парка.

Список литературы

1. Горький А. В. Петрова Е. А. Загрязнение почв Санкт-Петербурга тяжёлыми металлами. [Электронный ресурс]. СПб: Российский геоэкологический центр — филиал ФГУП «Урангео» МПР РФ, 2007. URL [http:// www.rgec.ru/downloads/met2007.pdf](http://www.rgec.ru/downloads/met2007.pdf) (Дата обращения 12.04.2017)
2. Уфимцева М. Д., Терехина Н. В. Экспрессный фитоиндикационный метод оценки экологического состояния городской среды. Метод. пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2000. 32 с.
3. Терехина Н. В., Уфимцева М. Д. Критерии оценки деструкции урбогеосистем на основе интегральной экофитоиндикации (на примере Санкт-Петербурга) // Современные тенденции развития биогеохимии. Отв. Ред. Д. б. н. В. В. Ермаков. М.: ГЕОХИ РАН, 2016. с. 446–453
4. Уфимцева М. Д., Терехина Н. В. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга. — СПб.: Наука, 2005. — 339 с.

Дендрохронологические исследования бархата амурского (*Phellodendron amurense* Rupr.), акклиматизированного на востоке Русской равнины

Тишин Д. В., Фардеева М. Б.

Казанский федеральный университет, Казань, Россия, dtishin@kpfu.ru

Резюме. Проведенные исследования указывают на то, что популяция бархата амурского с 1949 года сильно сократилась, состоит в основном из старых генеративных особей, средний возраст 57 лет. Подрост не обнаружен. Радиальный прирост имеет не высокий климатический сигнал, и зависит от температуры апреля и осадков февраля.

Dendrochronological studies of *Phellodendron amurense* Rupr. acclimatized in the east of the Russian Plain. Tishin D. V., Fardeeva M. B. **Summary.** Dendrochronological studies of *Phellodendron amurense* Rupr. acclimatized in the east of the Russian Plain. The conducted studies indicate that the population of Amur corktree since 1949 has greatly decreased, consists mainly of old generative individuals, the average age is 57 years. Growth was not detected. The radial increase has not a high climatic signal, and depends on the temperature of April and the precipitation of February.

Дендрохронологический анализ широко используется для изучения пространственно-временной динамики лесных экосистем, позволяет реконструировать факторы внешней среды за длительные интервалы времени и с высоким временным разрешением. Уникальность метода состоит в том, что он позволяет оценивать относительный вклад различных факторов, как естественных, так и антропогенных, которые оказывают влияние на изменение и трансформацию лесных экосистем и условий окружающей среды (Шиятов и др., 1986). Анализ имеющихся литературных источников показывает, что сведений об изменчивости радиального прироста бархата амурского в ответ на действие внешних факторов явно не достаточно.

Для нашего исследования был выбран лесной массив Раифского участка Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника (ВКГПБЗ). На этой территории, начиная с 1920-х гг., были созданы лесные культуры дальневосточных видов: ореха маньчжурского и бархата амурского. Заповедник расположен на северо-западе Республики Татарстан. По природному районированию (Бакин и др., 2000) располагается в пределах Западно-Казанского террасово-долинного района Восточноевропейских сосновых и широколиственно-сосновых подтаежных лесов на высоких надпойменных террасах Волги. Климат умеренно-континентальный. Средняя январская температура $-13,8^{\circ}\text{C}$, а средняя температура июля $+19,1^{\circ}\text{C}$. Количество годовых осадков 509 мм.

В 2015 году в 76 кв. было обнаружено 14 старых деревьев бархата амурского (рис. 1).

С помощью возрастного бура с этих деревьев были отобраны керны по методике, описанной в работе (Методы дендрохронологии, 2000). Ширину годичных колец измеряли на полуавтоматической установке Lintab-6 с программным обеспечением Tsap-Win (Rinn, 2003). В результате измерений высоты дерева, диаметра ствола, и определения возраста были получены

следующие результаты: 19,8 м, 25,9 см, 50–66 лет соответственно. Средний радиальный прирост деревьев составил — 2.0 мм. Построенные индивидуальные хронологии показали, что популяция бархата по радиальному росту однородна (рис. 2).



Рис. 1. Ни более возрастные деревья бархата амурского на ПП (кв. 76, выд. 8)

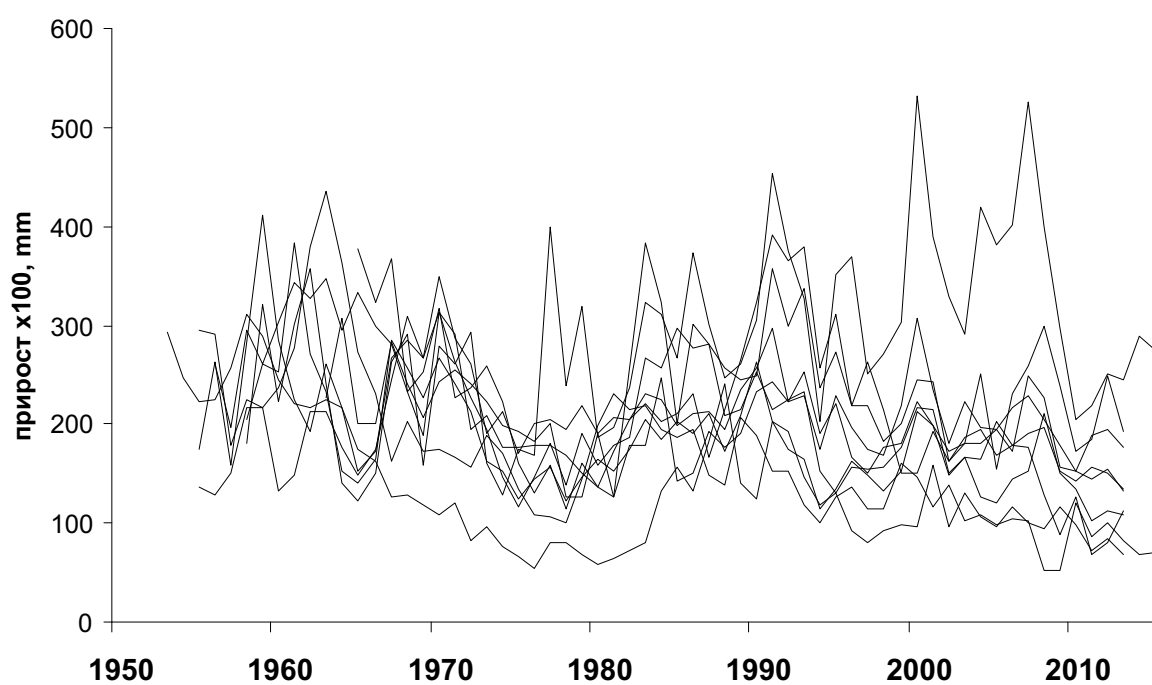


Рис. 2. Динамика радиального прироста деревьев бархата амурского

В результате стандартизации индивидуальных хронологии, была получена одна обобщенная хронология. Были выделены годы минимальных (1952, 1975, 1980, 1994, 2013 г.) приростов годичных колец. Для обнаружения взаимосвязи между климатическими параметрами и приростом рассчитывались коэффициенты корреляции между индексами прироста хронологии и среднемесячными значениями температуры и месячных сумм осадков за период, в течение которого возможно влияние климатических факторов на прирост (с сентября предыдущего года по август текущего года) по данным метеостанций Садовый (1950–2013 гг.). Результаты корреляционного анализа показали, что радиальный прирост бархата амурского положительно реагирует на температуру апреля ($r=0.05$) и осадки февраля ($r>0.01$).

Экзотические виды деревьев и кустарников высаживались на территории Раифы с целью изучения их акклиматизации в новых экологических условиях и установления пригодности их при лесоразведении в Среднем Поволжье. Бархат амурский высаживался в 1928, 1940, 1941 и 1949 гг. прошлого столетия в виде чистых культур (кв. 76) и в смеси с ясенем пенсильванским и лиственницей сибирской (кв. кв. 75; 85; и 35). Уже к 1973 г. в 85 и 36 кв. в смеси с лиственницей бархат был представлен единично, в современных условиях отсутствует полностью. В смеси с ясенем пенсильванским (кв. 75) еще в 1973 г. плотность бархата амурского составляла $0,27 \text{ ос/м}^2$, развитие деревьев низкое, бонитет насаждений IV класса (Дерюга и др., 1977), в современных условиях он отсутствует, хотя яшень развивается хорошо. Только в кв. 76 был найден бархат амурский, плотность деревьев в 2015 г. составила $0,005 \text{ ос/м}^2$, хотя в 1973 г. (Дерюга и др., 1977) наблюдаемая плотность бархата была $0,21 \text{ ос/м}^2$. Таким образом, популяция значительно сократилась. Вероятно, большая часть особей погибла после аномально холодной зимы 1978/79 гг. Обнаруженные нами 14 деревьев являются остатками первой генерации 1949 года.

В современных условиях семенное размножение бархата амурского на территории Раифы полностью отсутствует из-за интенсивного разрастания *Tilia cordata* и формирования естественных длительно-производных липняков снытьево-пролесниковых. Единично отмечалось вегетативное размножение в виде стволовой поросли от опавших сгнивающих стволов бархата. Таким образом, снижение численности и жизненности бархата амурского обусловлено, периодическими засухами, морозными зимами, характерными для умеренно-континентального климата Среднего Поволжья, а также сильным затенением участка, низкой конкурентоспособностью *P. amurensis* к основным лесобразующим видам деревьев и невозможностью возобновления в сложившихся условиях естественного лесовозобновления.

Список литературы

1. Бакин О. В., Рогова Т. В., Ситников А. П. Сосудистые растения Татарстана. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. 490 с.
2. Дерюга Е. С., Мурзов А. И. Состояние культур экзотов и естественное расселение их в Раифском лесном массиве//Труды Волжско-Камского государственного заповедника. Выпуск III, Казань: Татарское книжное издательство, Вып. 3, 1977. — с 61–80
3. Методы дендрохронологии. Часть 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: учебно-методическое пособие / С. Г. Шиятов [и др.]; отв. ред. Е. А. Ваганов, С. Г. Шиятов. — Красноярск: КрасГУ, 2000. — 80 с.
4. Riemer T. TREND //User's Guide for Personal Computers. — Germany, University of Gottingen, 1991. — 35 p.

Определение витаминов группы В в листьях крапивы двудомной

Тринева О. В., Сливкин А. И.

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, trineevaov@mail.ru

Резюме. Методом капиллярного электрофореза проведено количественное определение водорастворимых витаминов группы В (тиамин, холин, рибофлавин, пантотеновая кислота, никотиновая кислота) в листьях крапивы двудомной. Выявлено значительное количество рибофлавина и холина в исследуемом лекарственном растительном сырье, что подтверждает перспективность его применения в качестве источника данных биологически активных веществ и разработки фитопрепаратов на его основе.

Determination of B vitamins in nettle leaves. Trineeva O. V., Slivkin A. I. **Summary.** Capillary electrophoresis method conducted quantitative determination of water-soluble B vitamins (thiamine, choline, riboflavin, pantothenic acid, niacin) in leaves of nettle. Revealed a sufficient amount of riboflavin and choline in the investigational medicinal plant material, which confirms the prospects of its use as a data source of biologically active substances and development of herbal remedies based on it.

Химический состав растений рода *Urtica* представлен различными группами биологически активных веществ (БАВ), среди которых фенольные вещества, лигнаны, кумарины, гистамин, органические кислоты, ферменты, витамины, пигменты и другие компоненты. В жгучих волосках крапивы двудомной содержатся амины ацетилхолин, бетаин, холин, гистамин, серотонин, а также лецитин, гликопротеин [1].

Весь комплекс витаминов группы В обеспечивают организму человека нормальную работу нервной системы и отвечает за энергетический обмен. От данной группы БАВ зависит функционирование иммунной системы и эффективность роста клеток. Современному человеку, испытывающему умственные и эмоциональные нагрузки, подверженному стрессам, хроническим заболеваниям, витамины группы В необходимы в значительных количествах.

Согласно действующей нормативной документации определение витамина В₁ в премиксе осуществляют по ГОСТ Р 50929–96 «Премиксы. Методы определения витаминов группы В», сущность метода которого заключается в извлечении тиамин из навески анализируемого продукта раствором серной кислоты, окислении его раствором железосинеродистого калия в тирохром, экстракции окисленной формы из водной фазы изобутиловым спиртом и измерении интенсивности флуоресценции [2]. Однако НПФ АП «Люмэкс» (Санкт-Петербург) проведены многочисленные исследования, по результатам которых разработана и аттестована «Методика выполнения измерений массовой доли свободных форм водорастворимых витаминов в пробах премиксов, витаминных добавок, концентратов и смесей методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-105» [3].

Цель исследования — определение витаминов группы В в листьях крапивы двудомной методом капиллярного электрофореза.

В качестве объекта исследования использовали высушенные листья крапивы двудомной, собранные в Ботаническом саду Воронежского госуниверситета согласно правилам заготовки лекарственного растительного сырья (ЛРС) летом 2016 года.

Проведены исследования состава некоторых витаминов группы В (тиамин, холин, рибофлавин, пантотеновая кислота, никотиновая кислота) листьев крапивы двудомной на элек-

трофорезе Капель-105М «Люмэкс» (Россия). Вид полученных электрофореграмм показан на рис. 1 и 2. Методика МВИ М 04–41–2005 (Свидетельство об аттестации методики выполнения измерений № 224.04.17.035/2006). Определение витаминов В₁, В₂, В₃, В₅ (никотиновая кислота) осуществляют в варианте капиллярного зонного электрофореза. Детектирование витаминов проводят по их собственному поглощению при длинах волн 200 нм и 267 нм, используя программируемое переключение длин волн. Витамин В₅ (никотинамид) определяют методом мицеллярной электрокинетической хроматографии с детектированием по собственному поглощению при длине волны 200 нм. Условия разделения: Буфер: боратный, рН=8,9. Капилляр: Лэфф/ Лобщ= 65/75, ID=50 мкм. Ввод пробы: 600 мбархс. Напряжение: +25 кВ. Температура: +30°C. Давление и детектирование в ходе анализа изменяется по заданной программе. Определение свободных форм витамина В₄ проводили в соответствии с МВИ М 04–82–2014. Метод основан на извлечении свободных форм холина из проб дистиллированной водой, дальнейшем разделении и количественном определении компонента методом капиллярного электрофореза. Косвенное детектирование проводят при длине волны 254 нм или 267 нм, в зависимости от модификации системы «КАПЕЛЬ». Анализ проводился при следующих условиях: полная длина капилляра равна 60 см, эффективная длина (т. е. длина от входа до окна детектора) — 50 см, рабочее напряжение, поданное на электроды, равно +13 кВ, внутренний диаметр капилляра 75 мкм, детектирование при 267 нм, косвенное, температура 40°C, ввод пробы под давлением 150 мбархс, состав рабочего буфера 10 мМ бензимидазол, 5 мМ винная кислота, 2 мМ 18-краун-6. Методика не распространяется на определение связанных форм холина [3].

Полученные результаты представлены в табл. 1.

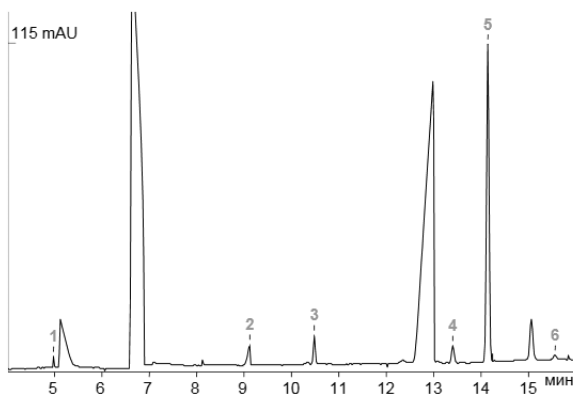


Рис. 1. Вид электрофореграммы при определении витаминов группы В в исследуемом ЛРС (1 — витамин В₁; 2 — витамин В₂; 4 — витамин В₃; 5 — витамин В₅)

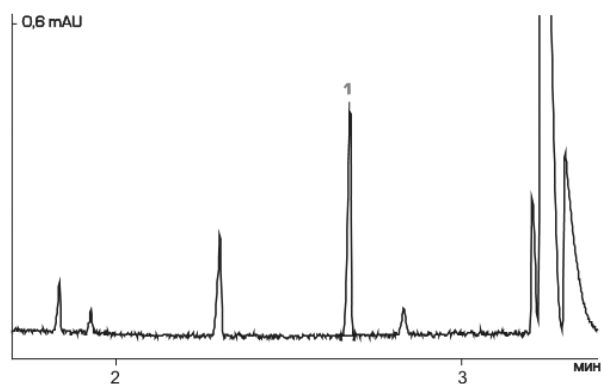


Рис. 2. Вид электрофореграммы при определении витамина В₄ в исследуемом ЛРС (1 — витамин В₄)

Таблица 1

Результаты определения витаминов группы В в листьях крапивы двудомной (в пересчете на абсолютно сухое сырье)

№ п/п	Витамин	Экспериментальные данные, мг/кг
1	В ₁	Менее 0,086*
2	В ₂	3,90
3	В ₃	Менее 5,0*
4	В ₄	3958,89
5	В ₅	Менее 10*

Примечание: * нижний предел измерения

Таким образом, методом капиллярного электрофореза проведено количественное определение водорастворимых витаминов группы В (тиамин, холин, рибофлавин, пантотеновая кислота, никотиновая кислота) в листьях крапивы двудомной. Выявлено достаточное количество рибофлавина и холина в ЛРС, что подтверждает перспективность применения данного вида сырья в качестве источника гидрофильных групп БАВ.

Список литературы

1. Копытько Я. Ф., Лапинская Е. С., Сокольская Т. А. Применение, химический состав и стандартизация сырья и препаратов *Urtica* (обзор). Химико-фармацевтический журнал. 2011. Том 45. № 10. С. 32–40.
2. Стурова И. В., Комарова Н. В., Страшила Н. Ю., Калач А. В. Определение витамина В1 в растительных премиксах методами зонного капиллярного электрофореза и флуориметрии. Химия растительного сырья. 2007. № 4. С. 121–122.
3. Комарова Н. В., Каменцев Я. С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель». СПб.: ООО «Веда», — 2006. — 212 с.

Изменение содержания пластидных и непластидных пигментов в листьях капусты декоративной (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) в условиях городских ландшафтов Киева

Хоменко И. М., Косык О. И.

Институт биологии и медицины Киевский национальный университет
имени Тараса Шевченко, Киев, Украина, i. m.homenko@gmail.com

Резюме. Изучено содержание фотосинтетических и антоциановых пигментов в образцах капусты декоративной, собранных на территориях города Киев с разным уровнем загрязнения. В условиях влияния факторов трансформированной городской среды в растениях капусты обнаружено повышение количества непластидных пигментов и снижение ассимиляционных. В районах с высоким антропогенным воздействием выявлена устойчивость параметра соотношения хлорофиллов фиолетовой капусты, что указывает на высокий уровень адаптации и возможность использования антоциановых форм капусты в качестве резистентных растений урболов ландшафтов.

Plastid and nonplastid pigments content changes in the cabbage leaves (*Brassica oleracea* var. *Acephala* L.) at Kiev urban landscapes. Khomenko I. M., Kosyk O. I. **Summary.** The content of photosynthetic and anthocyanin pigments in decorative cabbage collected on the territory of Kiev with different contaminated levels was studied. Increases of non-plastid and decrease in photosynthetic pigment amount in cabbage plants under the influence of transformed urban environment factors have been observed. Purple cabbage chlorophyll ratio stability was revealed in areas of high anthropogenic impact, indicating the high adaptation level and the ability to use the anthocyanin cabbage forms as resistant plants in the urban landscapes.

Стремительная индустриализация городской среды необратимо приводит к возрастанию уровня загрязнения и к аккумуляции растительными организмами токсических веществ. Урбофитоценозы подвергаются синергетическому влиянию разных ксенобиотиков, что приводит к нарушению метаболических процессов в растительных организмах и сказывается на их фитомелиоративной и декоративно-эстетической функциях [1, 2].

Физиолого-биохимические характеристики ассимилирующих органов определяют ростовые и репродуктивные процессы растения. Данные параметры чувствительны к изменениям окружающей среды, поэтому могут быть использованы в ранней диагностике состояния растительного организма [3]. Содержание и соотношение хлорофиллов и каротиноидов — главных фоторецепторов клетки — определяют жизнеспособность, устойчивость и продуктивность растения, а нарушение ассимиляционного аппарата является одним из главных повреждений, ведущих к визуальным анатомо-морфологическим изменениям растения.

В то же время известно, что антоцианы в условиях токсического воздействия трансформированной среды могут исполнять роль эндогенных хелаторов, связывая тяжелые металлы промышленных выбросов, что позволяет рассматривать их в качестве протекторов восстановления ассимиляционных структур растительной клетки. Таким образом, уровень накопления

фотосинтетических и непластидных пигментов является неспецифическим биохимическим показателем степени адаптации растений к экологическим условиям городской среды [4, 5].

По данным Центральной геофизической обсерватории 2016 г. Киев относят к наиболее загрязненным городам Украины, где для большинства атмосферных токсикантов обнаружено значительное превышение ГДК. Наиболее высокий уровень загрязнения атмосферы наблюдается вдоль автомагистралей с интенсивным движением, что доказывает необходимость использования потенциала зеленых насаждений в очистке городского воздуха и улучшении урболандшафтов. Поэтому сегодня важно обогатить ассортимент новыми видами и сортами декоративных растений устойчивых в условиях городской среды.

Целью нашей работы было исследование влияния произрастания в условиях урболандшафтов Киева на содержание фотосинтетических (хлорофилл *a*, хлорофилл *b*, каротиноиды) и непластидных (антоцианы) пигментов в листьях капусты декоративной (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.). Отбор растительного материала проводился на территории города Киева в зонах с разным уровнем загрязнения: транспортного узла мост Метро-Броварской проспект, Национального ботанического сада им. Н. Н. Гришко Национальной академии наук Украины и Выставки достижений народного хозяйства «Экспоцентр Украины» (ВДНХ). Исследовали надземную часть разных форм декоративной капусты (белого, зеленого и фиолетового цвета) сорта Токио на поздних этапах вегетации. Определение количества фотосинтетических пигментов и антоцианов проводили общеизвестными методами [1, 6] с пересчетом на сухой вес.

Анализ полученных результатов указывает на значительное влияние условий произрастания на содержание пигментов во всех исследуемых образцах декоративной капусты, в частности самый низкий уровень содержания хлорофиллов был отмечен у всех исследуемых растений декоративной капусты на территории транспортной развязки с интенсивным автомобильным движением (мост Метро-Броварской проспект), а наиболее высокий — на территории ВДНХ. Максимальный уровень содержания каротиноидов зафиксирован в образцах капусты с Ботанического сада. В этих же образцах нами отмечено повышение уровня антоцианов белой формы капусты — в 4 раза, фиолетовой — в 2,5 раза, зеленой — в 1,5 раза по сравнению с исследуемыми вариантами с территории ВДНХ, что может свидетельствовать о неблагоприятных условиях произрастания. Кроме того, соотношение хлорофиллов *a/b* сохраняется на оптимальном уровне во всех исследуемых зонах только у фиолетовой формы капусты, что может указывать на стабильность фотосинтетической системы, а также свидетельствовать о значительном адаптационном потенциале данной формы в условиях антропогенно трансформированной среды.

Согласно мониторингу Национальной гидрометслужбы Украины о состоянии атмосферы города Киева для территорий транспортной развязки и Ботанического сада характерно повышенные уровни загрязнения. Это может быть связано с тем, что открытая территория транспортного узла с достаточно плотным автомобильным потоком и подветренные зоны Ботанического сада, окруженного крупными промышленными объектами, способствуют задержанию и накоплению токсических ксенобиотиков, что и ведет к формированию общего загрязненного воздушного бассейна.

Таким образом, полученные экспериментальные данные показывают, что капусту декоративную можно отнести к растениям с высоким адаптационным потенциалом и рекомендовать для оформления декоративных городских композиций в загрязненных условиях урболандшафтов.

Список литературы:

1. Корляков К. А., Нохрин Д. Ю. Некоторые данные о содержании металлов в растениях урболандшафтов. Вестник Совета молодых учёных и специалистов Челябинской области, 2016, № 4 (15), Т. 1, С. 82–85
2. Глібовицька Н. Вплив антропогенного забруднення довкілля на вміст пластидних пігментів у листках липи серцелистої (*Tilia cordata* L.). Вісник Львівського університету. Серія біологічна, 2014, Випуск 65, С. 197–201
3. Карпова Е. А., Фершалова Т. Д. Динамика содержания пигментов в листьях *Begonia grandis Dryander subsp. grandis* при интродукции в Западной Сибири (г. Новосибирск). Вестник Томского государственного университета. Биология, 2016, № 1 (33), С. 140–158
4. L.de Freitas-Silva, T. Oliveirade Araçjo, L. Camposda Silva, J. Alvesde Oliveira, J.M. de Araujo. Arsenic accumulation in Brassicaceae seedlings and its effects on growth and plant anatomy. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2016, 124, P. 1–9
5. Феденко В. С. Зв'язування ціанідину з іонами металів. Укр. біохім. журн., 2006, 2, С. 149–153
6. Smirnov O. E., Kosyan A. M., Kosyk O. I., Taran N. Yu. Response of phenolic metabolism induced by aluminium toxicity in *Fagopyrum esculentum* Moench. plants. Ukr. Biochem. J., 2015; 87(6); P. 129–135.

Влияние различных источников света на рост и развитие растений

Чуб В. В., Миронова О. Ю.

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, биологический факультет, Ботанический сад, Москва, Россия, olgmirr@mail.ru.

Резюме. За последнее десятилетие произошел прогресс в области светотехники, в частности, в усовершенствовании светодиодных осветителей и появлении плазменного досвечивания растений. Досветка является важным фактором в содержании, выращивании, размножении коллекционных, редких растений ботанических садов, а также при получении посадочного материала для городского озеленения и парков. Применение новейших технических разработок позволяет получать качественный растительный материал, стимулировать растение на прохождение всех стадий развития с регулированием светового потока, более экономично использовать потребляемую электроэнергию.

Choob V. V., Mironova O. U. **Summary.** In the past decade light technologies reached significant success. The expanding field of research is the additional lightening with light-emitting diodes (LED) and with plasm sources of light. The quality of the additional lightening is one of the most important facilities, improving growth, propagation and health of the plants collected in botanical gardens. Moreover, these facilities could be successfully applied to the industrial production of planting material for urban greening or public parks. The implementation of the above mentioned technical novelties allows to obtain the planting material of high quality based on physiological regulation of all the stages of plant development by artificial changes in luminous flux. It is important to note, that some of these novel light sources are energy saving.

В настоящее время большое внимание уделяется энергосберегающим технологиям в области растениеводства во всем мире. Основными факторами, влияющими на качество продукции, являются освещение, влажность, свойства грунта или заменяющих его субстратов, питание, температурный режим. Перенос новейших разработок и технологий из тепличного производства в оранжерейные комплексы ботанических садов позволяет сохранять, выращивать и размножать растения различных климатических зон.

Появление на рынке светодиодного и плазменного освещения позволяют регулировать рост и развитие растений. Цветочные культуры очень чувствительны к спектральному составу и интенсивности потока света. Применение светодиодной досветки позволяет регулировать процессы получения качественной продукции не только традиционных срезочных культур, но и рассады для уличного озеленения, укоренных черенков, выгонки луковичных растений. На базе биологического факультета МГУ ведутся научные работы по разработке технологий размножения и выращивания широкого спектра культур.

Применение плазменного освещения позволяет его использовать в течение 3–4 часов в сутки в качестве досветки для поддержания высокой жизнеспособности растений. При увеличении временного параметра досветки было получено продолжительное (круглогодичное) цветение коллекции пеларгонии и фуксий. Коллекция литопсов (*Lithops*) при размещении под данным видом источника освещения приобрела видовые особенности — появился характер-

ный «мраморный» рисунок у каждого экземпляра, в то время как без досвечивания листья были однотонными.

Успешным оказалось проращивание и содержание виктории королевской (*Victoria amazonica*) под источником плазменного освещения в отличие от газоразрядных натриевых ламп ($D_{\text{над}}$). Листовые пластинки достигали 20 см в диаметре через 3 месяца выращивания при небольших колебаниях температуры воздуха и постоянной температурой воды. Одного светильника мощностью 700Вт достаточно для досветки 36–40 кв. м.

Внедрение экономичного светодиодного освещения в сельское хозяйство, в частности, в тепличное производство позволяет снизить расходы на освещение и досветку сельскохозяйственных культур. Тестирование источников светодиодного освещения на несельскохозяйственных растениях позволило выявить ряд удачных комбинаций спектра и интенсивности освещения для выращивания коллекционных растений. Контролем влияния светодиодного излучения является салат, технология которого отработана во многих странах мира и на данный момент данная культура является модельной. Однако изменение в технологии одного фактора влечет за собой изменение всей технологии. Так, например, на культуре листового салата было показано, что применение светодиодного освещения может приводить к накоплению нитратов в конечной продукции. Данную проблему можно решить несколькими способами: снижением интенсивности излучения, уменьшением времени досветки, изменением спектрального состава на конечном этапе. Для поиска оптимального технологического решения необходимы дальнейшие исследования.

Применение светодиодов различных производителей также приводит к получению различных результатов. Так, нами было показано, что светодиодная досветка может быть применена на цветочных культурах, таких как тагетес и бегония вечноцветущая. Использование определенного спектрального состава светодиодного освещения приводило к торможению роста, активации цветения у тагетеса с формированием букетной формы растения, при этом цветение первого цветка продолжалось порядка 20 дней, что не наблюдалось при применении традиционной технологии. Такое действие имеет большое значение для производителей цветочной продукции, так оно аналогично действию ретардантов (ССС), при этом является экологически безопасным, и растения легко выходят из состояния покоя, что позволяет регулировать рост и развитие растений, получать продукцию нужного качества к определенному сроку. Добавление дополнительных осветителей с определенным спектром излучения в светодиодную панель позволит регулировать завязываемость семян и их вызревание у цветочных культур.

Регулирование высоты подвеса светодиодных панелей позволяет снизить выделение веществ фенольной природы листьями цветочных культур, например, у роз срезочных сортов, и регулировать выход конечной продукции. Качество досветки особенно сильно влияет на ярко окрашенные сорта и гибриды, тогда как для сортов белой окраски и зеленых листьев это влияние менее выражено.

Регулируя спектр и интенсивность излучения, высоту подвеса можно регулировать компактность, сортовую и видовую окраску листовых пластинок, сроки цветения и продолжительность цветения, например, у таких культур, как фуксия, пеларгония. В промышленном производстве эти факторы важны для планирования выхода конечной продукции на рынок.

При выращивании растений с применением светодиодных технологий необходимо учитывать тот факт, что протекание некоторых биохимических процессов идет ускоренно, корневая система у растений характеризуется не меньшими, а часто даже большей способностью к поглощению элементов минерального питания, чем корневая система грунтовых растений. Высокий уровень минерального питания и освещенность растений, взаимно дополняя и ограничивая друг друга, приводят к формированию той или иной реальной продуктивности. С этого момента рост цветков, завязей и плодов является определяющим по своей акцепторной силе в растении.

При использовании светодиодного освещения и формировании большого количества цветков и плодов на растении приводит к недостатку фотоассимилятов, воды для их развития и по-

вышению конкуренции между ними и корневой системой. Снижение интенсивность транспирации ослабляет скорость притока воды и растворенных минеральных веществ от корневой системы к плодам и листьям. Скорость транспирации зависит от степени открытости устьиц, на которую может влиять в том числе спектр падающего освещения.

Различные длины волн оказывают неодинаковое физиологическое действие на растения:

- 280–320 нм — оказывает, как правило, негативное воздействие на рост и развитие растений. Повышается активность свободно-радикальных процессов, растение много сил тратит на защиту от повреждения жестким УФ излучением;
- 320–400 нм — играет регуляторную роль в развитии растений, поэтому целесообразно присутствие этого излучения в небольших количествах (несколько процентов) в общем потоке света. В небольших дозах они оказывают мощное бактерицидное действие, способствуют синтезу у растений антиоксидантов и пигментов;
- 400–500 нм («синий») — входит в состав ФАР при выращивании растений, но, кроме того, обладает регуляторным воздействием. Синий свет, в частности, регулирует степень открытия устьиц, управляет ростом при фототропизме, настическими движениями листьев за солнцем, тормозит рост стеблей растяжением (растения становятся менее склонными к полеганию);
- 500–600 нм («зеленый») — не является абсолютно необходимым для обеспечения фотосинтеза растений, но оказывает регуляторное действие на рост: отчасти стимулирует растяжение междоузлий, влияет на накопление хлорофилла, размеры листовых пластинок и другие процессы. Особенно велика роль зеленой части спектра для регуляции роста растений в условиях загущения;
- 600–700 нм («красный») — с наименьшими энергетическими потерями используется растениями для фотосинтеза, а также обладает ярко выраженным регуляторным воздействием. Должен входить в состав общего излучения для обеспечения высокого фотосинтеза. Но монохроматический красный свет может приводить к аномальному росту и развитию, а в ряде случаев и к гибели некоторых видов растений;
- 700–750 нм («дальний красный») — обладает ярко выраженным регуляторным действием: модулирует скорость роста, обеспечивает реакцию избегания тени, участвует в настройке биологических часов, в индукции цветения и во многих других светозависимых процессах. Введение дальнего красного света в спектр может оказывать благоприятное действие на развитие растений;
- более 1000 нм — только тепловое воздействие.

Однако прогрессивное развитие фотобиологии и физиологии вносит коррективы во влияние того или иного спектра на определенную фаз развития растения, что необходимо учитывать при выращивании растений с применением светодиодов.

Модельным объектом для изучения влияния спектрального состава может быть водяной гиацинт, или эйхорния (*Eichhornia crassipes*). Это плавающее быстро растущее растение чувствительно к освещению (как к интенсивности, так и к спектру). Его выращивают в водоемах закрытого грунта и аквариумах. При сбалансированном спектре (7 цветов в видимой области) наблюдали качественные гармоничные рост и развитие побегов с образованием дочерних розеток, а при красном и синем — активное развитие корневой системы (в 1,6 раза длиннее) и надземной части (более, чем в 1,4 раза, удлинение черешков, увеличение листовых пластинок).

Таким образом, технологии получения и поддержания декоративных растений с помощью светодиодных панелей требует корректировки и стандартизации для каждой культуры. Анализ данных, проведение комплексных исследований и ряда биохимических анализов позволит в дальнейшем прогнозировать и программировать технологии в зависимости от культуры с учетом генотипа.

Полученные первичные данные позволяют предполагать, что в будущем удастся подобрать такие спектральные характеристики светодиодного освещения, которые будут благоприятны

для роста и развития большинства растений, выращиваемых в коллекциях ботанических садов. Переход на светодиодные панели в качестве досветки растений позволит более экономично расходовать электроэнергию с максимальным выходом света на единицу потребляемой мощности.

Список литературы:

1. Тихомиров А. А., Шарупич В. П., Лисовский Г. М. 2000. Светокультура растений: биофизические и биотехнологические основы. Новосибирск: Изд-во СО РАН 213 с.

Физиолого-биохимические особенности *Nigella sativa* L. при культивировании в Беларуси

Шиш С. Н.¹, Шутова А. Г.¹, Спиридович Е. В.¹, Скаковский Е. Д.², Тычинская Л. Ю.², Мазец Ж. Э.³

¹ ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Минск, Беларусь, svetlana.shysh@gmail.com

² Институт физико-органической химии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

³ Белорусский государственный педагогический университет им. М.Танка, г. Минск, Беларусь

Резюме. В статье представлены результаты интродукционного изучения чернушки посевной в Центральном ботаническом саду. Приведены данные о фенологии, динамике роста, семенной продуктивности, биохимическом составе при выращивании в Беларуси. Дано описание созданного сорта Славянка.

Physiological and biochemical properties of *Nigella sativa* L. under cultivation in Belarus. Shysh S. N., Shutava H. G., Spiridovich E. V., Skakovskii E. D., Tychinskaya L. Yu., Mazets Z. E. **Summary.** The article presents the results of introduction study of *Nigella* seed in the Central Botanical garden. The data on phenology, dynamics of growth, seed productivity, biochemical composition when grown in Belarus. The varieties Slavianka has been described.

Чернушка посевная (*Nigella sativa* L.) — представитель семейства *Ranunculaceae*, известное лекарственное и пряно-ароматическое растение. Имеет другие названия: черный тмин, калинджи, сейдана, седана, римский кориандр, хлебный тмин и др. [1]. Является однолетним травянистым растением с прямостоящим ветвистым светло-зеленым, слегка сизоватым стеблем, высотой от 20 до 70 см. Листья дважды-, триждыперисторассеченные с многочисленными линейными сегментами. Цветки одиночные, правильные, обоеполые, 2–4 см в диаметре. Чашелистики голубого цвета, венчик состоит из 5–6 лепестков нектарников. Пыльники тупые, слегка заостренные. Плод — вздувающаяся многолистовка, листовок обычно от 3 до 7. Семена небольшие, трехгранные, морщинисто-бугорчатые, черные [2]. Они содержат от 20 до 49% жирного масла, 0,8–1,5% эфирного масла, фермент липазунигедазу, сапонины, гликозид нигеллин, тимохинон, дубильные и горькие вещества, алкалоиды, ароматические углеводороды [3].

Родина чернушки посевной — Средиземноморье. Данное растение культивируется во многих странах (табл. 1) [1–8].

На территории Республики Беларусь данная культура специализированными хозяйствами не возделывается, для промышленных нужд сырье закупают в Украине [9]. Изучение фенологических особенностей чернушки в условиях Беларуси проводится в Горецкой сельскохозяйственной академии [9–10], а также в Центральном ботаническом саду. На сегодняшний день в коллекции пряно-ароматических и лекарственных растений ботанического сада содер-

жаты первый, выведенный в Беларуси сорт чернушки посевной Славянка (Свидетельство на сорт № 0004671 от 30.12.2016 г.) для приусадебного возделывания.

Цель настоящей работы: изучение особенностей роста и развития культуры, оценка продуктивности и биохимического состава, с последующей разработкой практических рекомендаций по технологии возделывания данного растения в Беларуси для хозяйственного и фармакологического использования. Объектами нашего исследования являлись вид *N. sativa* и сорт *N. sativa* Славянка.

Посев семян проводили в первой декаде мая, расстояние между рядами 30–35 см, количество семян в рядке — 30 штук. Ширина ряда 1 м. Глубина заделки семян 1,5–2 см. Уход заключался в прополке сорняков и рыхлении междурядий. Повторность опыта — четырехкратная. Фенологические наблюдения проводили каждые 7 дней на протяжении всего вегетационного периода по общепринятой для однолетних растений методике [11].

В течение 2012–2016 гг. проводились интродукционные испытания чернушки посевной в условиях центральной агроклиматической зоны Беларуси. Изучаемый вид за весь период наблюдения проходил полный цикл развития, достигал генеративной стадии, завязывал плоды и образовывал жизнеспособные семена. Продолжительности периода вегетации составила 140–145 дней у вида и в среднем 130 дней у сорта (табл. 2).

Таблица 1

Распространение чернушки посевной по континентам

Континенты, части света	Страны
Европа	Германия, Испания, Эстония, Украина, Молдова, Россия, Польша
Азия	Иран, Ирак, Индия, Пакистан, Китай, Афганистан, Турция, Саудовская Аравия, Узбекистан, Азербайджан, Дагестан
Африка	Египет, Тунис, Судан, Эфиопия
Северная Америка	США

Таблица 2

Даты наступления основных фенологических фаз у *N. sativa* и *N. sativa* 'Славянка' 2014–2016 гг.

Образец	Посев	Всходы	Формирование розетки	Начало бутонизации	Начало цветения	Начало плодоношения	Полная спелость семян
<i>N. sativa</i>	05.05–10.05	19.05–22.05	11.06–18.06	25.06–05.07	07.07–14.07	07.08–15.08	25.09–10.10
<i>N. sativa</i> 'Славянка'	05.05–10.05	14.05–19.05	01.06–10.06	20.06–30.06	01.07–07.07	01.08–08.08	15.09–25.09.

Сокращение вегетационного периода у сорта Славянка наблюдается за счет более ранних всходов (9–10 день), в то время как у видовых растений это 12–14 день. Данные особенности согласуются с информацией по чернушке в Беларуси [9], однако в условиях Украины всходы у чернушки посевной появляются на 6–7 день [12], что наблюдается при посеве чернушки в тепличных условиях. Также созданный сорт характеризуется более интенсивным ростом, к 20 дню — формируется розетка из листьев, а к 25–30 дню наблюдается стеблеобразование. Начало фазы бутонизации отмечено на 40 день, а цветение на 50 день, что на 10–15 дней раньше, чем у видовых растений.

В результате 5 летних наблюдений отмечено, что полевая всхожесть *N. sativa* колеблется от 30 до 65%, выведенный сорт отличается стабильной всхожестью не ниже 60%. Также установле-

но, что скорость ростовых процессов ювенильных растений *N. sativa* 'Славянка' в среднем на 15% выше видовых. В целом стоит отметить, что в условиях Беларуси *N. sativa* имеет средние ростовые параметры, но отличается кустистостью и формирует полноценные семена. Ниже дана морфометрическая характеристика и установлены элементы структуры урожайности семян (табл. 3).

Также мы провели оценку биохимического состава сырья *N. sativa* и *N. sativa* 'Славянка' на содержание основных целевых метаболитов. Для этого был использован ЯМР анализ, методика проведения которого подробно описана в [13]. Установлено, что *N. sativa* отличается преобладанием в составе жирного масла ненасыщенных жирных кислот и повышенным содержанием тимохинона (табл. 4).

По результатам комплексных исследований был создан сорт чернушки посевной 'Славянка' для приусадебного возделывания. Данный сорт был создан на основе отбора в популяции растений с определенными характеристиками. Созданный сорт отличается сокращением вегетационного периода с 145 до 130 дней и незначительно отличается по морфометрическим параметрам (см. табл. 3 и рис. 1). Особенностью чернушки посевной 'Славянка' является уникальный биохимический состав. Главными компонентами масла являются ненасыщенные омега-6 (линолевая и эйкозодиеновая) и омега-9 (олеиновая) кислоты, а также тимохинон. Семена содержат 25% масла, состав которого представлен в табл. 4. Масса 1000 семян составляет около 2,7 г.

В водных экстрактах семян *N. sativa* 'Славянка' обнаружено 10 аминокислот, среди них: триптофан, фенилаланин, тирозин, γ -аминомасляная кислота, аспарагин, глутамин, пролин, лизин, треонин, валин, изолейцин. Общий объем аминокислот в водных экстрактах около 19%. Преобладающими являются γ -аминомасляная кислота и пролин. Кроме того водные экстракты чернушки содержат около 56% сахаров (сахароза, глюкоза и фруктоза).

Таким образом, отмечено, что *N. sativa* при культивировании в Беларуси проходит полный вегетационный период и дает полноценные жизнеспособные семена, отличающиеся качественным биохимическим составом. Созданный сорт Славянка является перспективным для выращивания ввиду высокой продуктивности и биологической ценности.



Рис. 1. Внешний вид и некоторые морфометрические показатели *N. sativa* 'Славянка'

Таблица 3

Морфология и элементы структуры урожайности семян
N. sativa и *N. sativa* 'Славянка' 2015–2016 гг.

Образец	Высота растений, см	Количество, шт			Масса семян в одной плоде, мг	Масса 1000 семян, г.	Урожайность, т/га
		побегов 1-го порядка	плодов на 1 растении	семян в плоде			
<i>N. sativa</i> 2015 г.	45,9±7,7	4,5±0,8	5,6±2,3	85,8	212,5	2,38±0,25	0,4
<i>N. sativa</i> 2016 г.	46,5±8,5	3,6±0,9	4,0±0,02	73,6	193,6	2,42±0,59	0,37
<i>N. sativa</i> 'Славянка'	53,1±7,2	7,5±0,6	5,1±0,1	75,4	200,1	2,68±0,48	0,8

Таблица 4

Содержание компонентов в хлороформных экстрактах чернушки, 2015 г (%)

Компоненты экстрактов	Линолевая кислота	Олеиновая кислота	Эйкоза-диеновая кислота	Насыщенные кислоты	парацимол	Тимохинон
<i>N. sativa</i>	55,4	13,6	3,8	21,4	2,3	0,6
<i>N. sativa</i> 'Славянка'	53,4	20,9	2,1	7,7	8,5	4,4

Список литературы

1. Aftab A. K., Mahesar S. A., Khaskheli A. R., Sherazi S. T. H., Sofia Q., Zakia K. Gas chromatographic coupled mass spectroscopic study of fatty acids composition of *Nigella sativa* L. (KALONJI) oil commercially available in Pakistan // International Food Research Journal. — 2014. — № 21(4). — P. 1533–1537.
2. Алексеев Ю. Е., Вехов В. Н., Гапочка Г. П. и др. Травянистые растения СССР. Москва из-во «Мысль». — 1971. — Т. 1. — 488 с.
3. Нурмагомедова П. М. Обзор статей. Свойства чернушки посевной (*Nigella sativa*) / П. М. Нурмагомедова, М. Г. Омариёва // Медицина и здравоохранение: материалы II междунар. науч. конф. (г. Уфа, май 2014 г.). – Уфа: Лето, 2014. — С. 62–65.
4. Дудченко Л. Г., Козьяков А. С., Кривенко В. В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения. Справочник — Академия Наук Украинской ССР. Институт ботаники им. Н. Г. Холодного : Киев, Наукова Думка. — 1989 г. — 304 с.
5. Машанов В. И., Покровский А. А. Пряно-ароматические растения. ВО «Агропромиздат». Москва. — 1991 г. — 287 с.
6. Лавренов В. К., Лавренова Г. В. Энциклопедия лекарственных растений народной медицины — Издательский Дом «Нева». СПб. — 2003. — 272 с.
7. Гогуз Д. О. Холодова В. П., Кузнецов В. В. Влияние солевого стресса на рост и некоторые физиологические показатели растений рода *Nigella*. Вестник РУДН, серия агрономия и животноводство. — 2013. — № 2. — С. 12–19.
8. Магомедова М. А., Гаджиев М. И., Абдулаев А. А. Изучение антиоксидантной активности чернушки посевной (*Nigella sativa* L.), интродуцированной в Дагестане // Успехи современной науки. — 2016. — Т. 9. — № 12. — С. 77–79.
9. Исакова А. Л., Прохоров В. Н. Фенология развития генотипов рода чернушка (*Nigella*) в условиях северо-востока Беларуси. Лекарственные растения: биоразнообразие, технологии примене-

- ния: сборник научных статей по материалам I Международной научно-практической конференции. — Гродно : ГГАУ.- 2014. С. 32–35.
10. Исакова А. Л., Прохоров В. Н. Посевные качества семян нигеллы / Современные технологии сельскохозяйственного производства : сборник научных статей по материалам XVIII Международной научно-практической конференции. — Гродно: ГГАУ. — 2015. — С. 46–48.
 11. Бейдеман И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / Новосибирск: Наука. — 1974. — 152 с.
 12. Жарінов В. І., Остапенко А. І. Вирощування лікарських, уфірно-олійних, пряносмакових рослин. — К.:Вища школа, 1994. — 234 с.
 13. Скаковский Е. Д., Тычинская Л. Ю., Шиш С. Н., Шутова А. Г., Ламоткин С. А. ЯМР анализ хлороформных экстрактов семян чернушки. Труды БГТУ, Серия химия, технология органических веществ и биотехнология. — 2015. — № 4 (177). — С. 234–239.

Антирадикальная активность листьев женьшеня

Шутова А. Г., Спиридович Е. В., Титок В. В., Гиль Т. В.,
Китаева М. В., Решетников В. Н.

Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск,
Беларусь, anna_shutova@mail.ru

Резюме. Показана возможность использования экстракта листьев женьшеня в качестве растительного средства с антирадикальными свойствами. При этом необходимо учитывать снижение антирадикальной активности на 2-м году вегетации. Установлена корреляционная связь между содержанием экстрактивных веществ в экстрактах и проявляемой экстрактами антирадикальной активностью.

Antiradical activity of the ginseng leaves. Shutava H. G., Spiridovich E. V., Titok V. V., Gil T. V., Reshetnikov V. N. **Summary.** Possibility of using ginseng leaf extract as a herbal remedy with antiradical properties was shown. It is necessary to consider the decrease of antiradical activity at the 2nd year of vegetation. A correlation between the content of extractives in the extracts and their antiradical activity was established.

Женьшень (*Panax ginseng* C. A. Mey) относится к семейству Аралиевых (Araliaceae). Произрастает на Дальнем Востоке, в Северо-Восточном Китае и на Корейском полуострове. Женьшень является одним из ключевых компонентов традиционной китайской медицины. Он был открыт более 5000 лет назад в Китае и сегодня по-прежнему — самое широко используемое растение в Китае и Корее.

В нашей стране ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» является держателем самой крупной в республике плантационной коллекции лекарственных растений, насчитывающей в настоящее время 379 видов (496 видообразцов). Интродукционные исследования женьшеня проводились в ЦБС с 1982 года. В дальнейшем он был введен в культуру. Многоплановое изучение женьшеня как нового вида лекарственных растений показало перспективность выращивания в условиях Беларуси. На протяжении многих лет в ЦБС разрабатываются подходы к интродукции в наш климат ценных лекарственных растений из разных регионов мира, в том числе *P. ginseng* C. A. Mey [1–3].

Несмотря на то, что женьшень применяется широко и с давних пор, различные его препараты (лекарственные формы) детально изучены лишь в течение последних 50 лет. Корни *Panax ginseng* C. A. Mey обладают разнообразными фармакологическими свойствами, основными являются такие, как влияние на сердечно-сосудистую и стимулирование иммунной системы, повышение когнитивной деятельности, антивозрастной, антиоксидантный и противоопухолевый эффект. Первичные биохимические и фармакологические эффекты женьшеня приписывают гинзенозидам. Гинзенозиды относятся к тритерпеновым сапонинам, которые являются вторичными метаболитами и характерны исключительно для женьшеня.

В Беларуси данная культура нетрадиционна, однако в ряде предварительных исследований была показана перспективность культивирования женьшеня в качестве источника биологически активных веществ [1–3].

Ряд исследований сосредоточен на изучении антиоксидантной активности женьшеня в попытке понять механизм действия биологически активных веществ женьшеня, которые помогают избежать различных заболеваний, связанных со свободнорадикальным окислением. Авторы [4–5] обнаружили различия в уровне антиоксидантной активности в листьях у растений *P. ginseng*, культивируемых и растущих в дикой природе. Так как листья у женьшеня можно собирать каждый год, важным является оценка уровня и сезонных изменений антиоксидантной активности в листьях с различной продолжительностью жизни растения для разработки регламентов по срокам заготовки лекарственного сырья женьшеня. Результаты по антиоксидантной активности, полученные авторами Ying-Chun Zhang, Geng Li и др. [6], свидетельствуют о том, что образцы листьев женьшеня старше трех лет обладали более высокой антиоксидантной активностью по сравнению с 1–2-летними саженцами в результате повышенного накопления гинзенозидов в составе растения. Самая высокая антиоксидантная активность наблюдалась в экстрактах листьев 10-летнего образца женьшеня.

Авторами [7] на основании метода импульсной вольтамперометрии были построены ряды сравнительной антиоксидантной и антирадикальной активности экстрактов растений, в которых женьшень продемонстрировал наибольшую активность в сравнении с родиолой, шалфеем, элеутерококком, пустырником, ромашкой, валерианой, подорожником.

В качестве объекта исследования нами были использованы листья женьшеня, так как они являются более доступным материалом при выращивании женьшеня наряду с ценными корнями и корневищем. Женьшень выращивался на коллекционном участке Центрального ботанического сада НАН Беларуси с формированием однотипных посадок одинакового возраста на отдельных грядах с постоянным притенением и мульчированием почвы. Образцы вегетативных и генеративных органов собирались в течение периода вегетации с растений различного возраста, высушивались над силикагелем и далее подвергались биохимическому анализу.

Для получения суммарного экстракта определенную навеску воздушно-сухого порошка растительного сырья женьшеня, предварительно растертого в ступке с небольшим количеством экстрагента, дважды экстрагировали 70% (по объему) этанолом на водяной бане с обратным холодильником, экстракты объединяли и фильтровали, конечный объем экстракта измеряли и далее экстракт подвергали исследованию.

Определение антирадикальной активности экстрактов женьшеня проводили с использованием модельной системы с катион-радикалами АБТС+ (2,2'-азинобис 3-этилбензотиазолин 6-сульфонат). Раствор АБТС+• готовили реакцией 5 мл 7·10⁻³ М водного раствора АБТС и 88 мкл 140·10⁻³ М водного раствора K₂S₂O₈. После выдерживания в темноте в течение 16 часов раствор катион-радикала был диспергирован в воде. 5 мкл каждого образца диспергировали в 1–5 мл водно-спиртового раствора с объемной долей этанола 80%. В качестве стандарта использовали водноспиртовой раствор тролокса с концентрацией 0,5 мг/мл.

Для определения антиоксидантной активности 5–200 мкл раствора исследуемого экстракта добавляли к 2,0 мл раствора АБТС+• в стеклянной кювете и при температуре 25°C измеряли поглощение смеси при 734 нм во времени (спектрофотометр Agilent 8453). Для характеристики антиоксидантной активности использовали значение оптической плотности спустя 60 и 280 с и после смешивания. Активность экстрактов и фракций в реакции с АБТС+• определяли относительно тролокса как стандарта.

В ходе выполнения работы была произведена экстракция гинзенозидов из образцов интактных растений различных вегетативных органов и годов вегетации растений женьшеня (*Panax ginseng*), культивируемых на коллекционном участке Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Проанализированы образцы листьев, стеблей и корней женьшеня 1,2,3,5,8 годов вегетации, собранные в период 08.2016–09.2016.

Показано, что для всех годов вегетации большей антиоксидантной активностью обладали листья в сравнении с корнями. Так, экстракты листьев в пересчете на 1 г сухого сырья показали антиоксидантную активность в 3–6 раз выше, чем экстракты корней.

В пересчете на грамм сухого растительного сырья наибольшая антиоксидантная активность установлена для экстрактов листьев всех годов вегетации в сравнении с корнями, за исключением 8 года, где в августе наблюдалось существенное падение антиоксидантной активности экстрактов листьев в сравнении с более молодыми растениями (рис. 1).

В сентябре 2016 года образцы листьев первого года вегетации оставались также весьма активными в системе с катион-радикалами АБТС в пересчете на 1 г сухого растительного сырья (рис. 2). На 2-м году вегетации в сентябре 2016 г. наблюдалось снижение АРА в сравнении с 1 годом как для экстракта листьев, так и для экстракта корней женьшеня. Однако, к окончанию третьего года вегетации антирадикальная активность листьев и корней вновь возрастала.

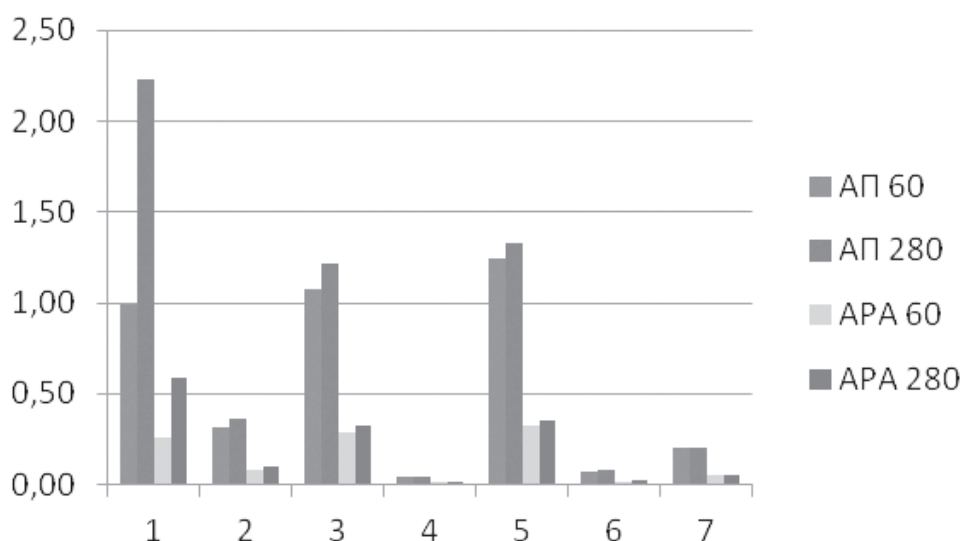


Рис. 1. Показатели антирадикальной активности экстрактов женьшеня (образцы собраны 15.08.2016) в пересчете на 1 г сухого сырья (по оси абсцисс: 1 — лист, 1 год, 2 — корень, 1 год, 3 — лист, 2 год, 4 — корень, 2 год, 5 — лист, 5 год, 6 — корень, 5 год, 7 — лист, 8 год)

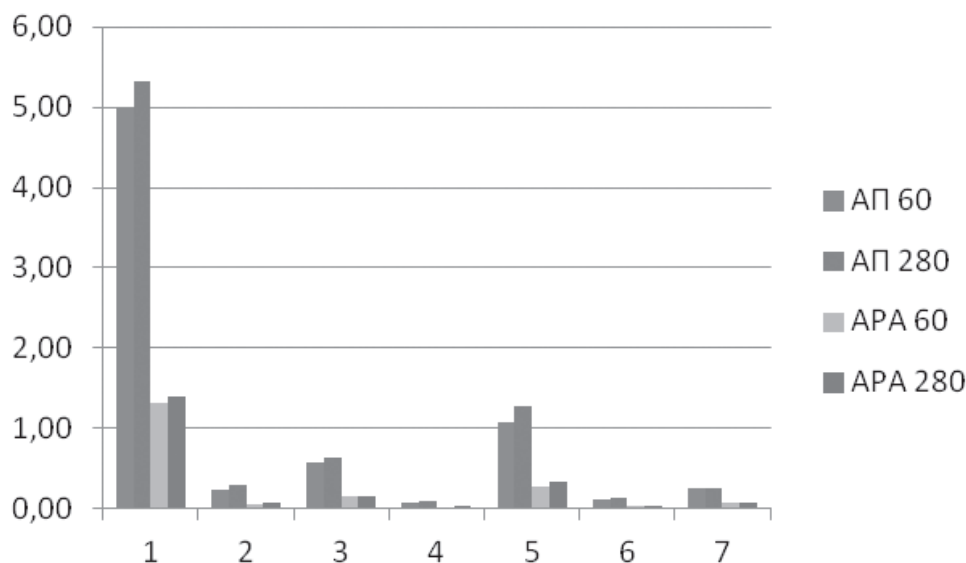


Рис. 2. Показатели антирадикальной активности экстрактов женьшеня (образцы собраны 15.09.2016) в пересчете на 1 г сухого сырья (по оси абсцисс: 1 — лист, 1 год, 2 — корень, 1 год, 3 — лист, 2 год, 4 — корень, 2 год, 5 — лист, 3 год, 6 — корень, 3 год, 7 — лист, 5 год)

Установлена тесная корреляционная связь между содержанием экстрактивных веществ в экстрактах и проявляемой экстрактами антирадикальной активностью в пересчете на г сухого сырья ($r = 0.81$, $n = 13$ для времени реакции 280 с; $r = 0,71$ $n = 13$ для времени реакции 60 с).

Таблица 1

Показатели антирадикальной активности экстрактов женьшеня

Возраст растения, год	Орган растения	АП		АРА, ммоль тролокса/г		Содержание экстрактивных веществ в сухом растительном сырье, г/г
		60 с	280 с	60 с	280 с	
15. 08.2016						
1	лист	0,99	2,23	0,26	0,59	0,83
1	корень	0,32	0,36	0,08	0,10	0,41
2	лист	1,08	1,22	0,28	0,32	0,42
2	корень	0,04	0,05	0,01	0,01	0,08
5	лист	1,24	1,32	0,33	0,35	0,56
5	корень	0,07	0,08	0,02	0,02	0,15
8	лист	0,20	0,20	0,05	0,05	0,10
15. 09.2016						
1	лист	5,00	5,33	1,32	1,40	0,80
1	корень	0,24	0,30	0,06	0,08	0,26
2	лист	0,59	0,63	0,15	0,17	0,23
2	корень	0,08	0,10	0,02	0,03	0,15
3	лист	1,07	1,28	0,28	0,34	0,66
3	корень	0,11	0,14	0,03	0,04	0,19
5	лист	0,25	0,26	0,07	0,07	0,10

Таким образом, показана возможность использования экстракта листьев женьшеня в качестве растительного средства с антирадикальными свойствами. При этом необходимо учитывать снижение антирадикальной активности на 2-м году вегетации.

Работа выполнена в рамках договора № Б16Р-083 Белорусского фонда фундаментальных исследований.

Список литературы

1. Кухарева Л. В., Гиль Т. В., Романчук В. А. Опыт выращивания женьшеня — *Panax ginseng* С. А. Мей. в Беларуси/ Материалы Междунар. науч. конф. «Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень». — Березоточа, 12–14 июля 2006 — С. 127–129.
2. Кухарева Л. В., Романчук В. А., Неборская Н. В. Женьшень в условиях Беларуси Материалы докладов Междунар. конф. «Пряно-ароматические и лекарственные растения: перспективы интродукции и использования». — Минск, 1999. — С. 68–70.
3. Титок В. В., Кухарева Л. В., Ярошевич М. И., Лобан С. Е., Тычина И. Н., Гавриленко Т. К., Гиль Т. В., Савич И. М., Торчик С. П., Кот А. А., Аношенко Б. Ю. Интродукция полезных травянистых растений в условиях Беларуси// Центральный ботанический сад НАН Беларуси: сохранение, изучение

- и использование биоразнообразия мировой флоры/ В. В. Титок и [и др.]; под ред. В. В. Титка, В. Н. Решетникова. — Минск: Беларус. Навука. — 2012. — С. 57–58.
4. Wang, H. W. Ginseng leaf-stem: Bioactive constituents and pharmacological functions / Wang, H.W.; Peng, D.C.; Xie, J.T. // *Chin. Med.* 2009, 4, 1–8.
 5. Seog, H. M. Antioxidant activities of cultivated and wild Korean ginseng leaves/ H. M. Seog, I. W. Choi, H. Y. Cho // *Food Chem.* — 2005. — V. 92. — P. 535–540.
 6. Ying-Chun, Zhang. Tissue-Specific Distribution of Ginsenosides in Different Aged Ginseng and Antioxidant Activity of Ginseng Leaf / Ying-Chun Zhang, Geng Li, Chao Jiang, Bin Yang, Hong-Jun Yang, Hai-Yu Xu, Lu-Qi Huang // *Molecules.* — 2014. — V. 19. — P. 17381–17399.
 7. Антиоксидантные свойства лекарственных растений/ В. Ф. Громовая, Г. С. Шаповал, И. Е. Миронюк, Н. В. Нестюк // *Химико-фармацевтический журнал.* — 2008. — V. 42. — № 1. — С. 26–29.

Развитие подполового яруса растительности в сосновых насаждениях вокруг предприятия по производству цемента

Яковлев А. П., Белый П. Н., Николайчук А. М., Булавко Г. И.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь, A.Yakovlev@cbg.org.by

Резюме. Активное развитие строительной отрасли в нашей республике в современный период привело к увеличению загрязнения цементной пылью природной среды, в том числе лесных биогеоценозов. «Основной удар» техногенного загрязнения принимает на себя древостой, который во многом определяет состояние всех остальных компонентов. Показано, что по мере удаления пробных площадей от завода до 10 км в подлеске увеличивается количество лиственных видов деревьев и кустарников. В живом напочвенном покрове значительно снижается доля мхов и увеличивается присутствие нетипичных для лесных фитоценозов сорных и луговых видов.

Development of underplants in pine forest around a cement production plant. Yakovlev A. P., Bely P. N., Nikolaichuk A. M., Bulavko G. I. **Summary.** The active development of the construction industry in our republic in the modern period has led to an increase in pollution by cement dust of environment, including forest ecosystems. «The main impact» of anthropogenic pollution takes on the trees canopy, which largely determines the state of all other components. It is shown that as the distance from the cement plant is increased to 10 km, is go up the number of deciduous tree and shrub species in the underbrush on the test plots. The proportion of mosses in the living ground cover decreases significantly but increases the presence of ruderal and meadow species which are unusual for forest phytocenosis.

Цементная промышленность — базовая отрасль в комплексе отраслей, производящих строительные материалы. Роль цемента в современном строительстве очень велика, его ничем невозможно равноценно заменить. Несмотря на всю важность цементного производства, оно имеет ряд недостатков, в том числе, и в экологическом плане. Количество пыли, ежегодно осаждающейся на поверхности ассимилирующих органов деревьев и кустарников, почв, живого напочвенного покрова может достигать 10% от всего производства цемента и составлять до 0,25 т на 1 км² [1]. Частицы цементной пыли могут переноситься на расстояния до 4–5 км от источника, охватывая значительные территории.

Цементная пыль содержит от 10 до 40% кальция в виде оксида, карбоната, легкогидролизующихся силикатов, до 2,0–2,2% калия и характеризуется высокой мелиорирующей способностью, особенно на кислых почвах легкого гранулометрического состава [6]. Цементные частицы имеют слабощелочную реакцию, и при взаимодействии с осадками на поверхности хвои образуется щелочь, нарушая биохимические процессы в хлоропластах, образуется цементная корка, резко нарушающая тепловой баланс органа и увеличивающая потери растения на дыхание [4]. Поэтому по степени фитотоксичности O. Greis [7] поместил цементную пыль сразу за пылью цинкового и алюминиевого производств.

Изучению влияния на древостой и их компоненты техногенных загрязнителей, имеющих кислую химическую реакцию, у нас в республике посвящены монографии [2, 3, 5]. Оценка влияния промышленных щелочных загрязнений на все компоненты лесных биогеоценозов в Беларуси ранее не выполнялась. «Основной удар» техногенного загрязнения принимает на себя

древостой, который во многом определяет состояние всех остальных компонентов. Но не менее важным и информативным может оказаться исследование негативного воздействия цементной пыли на подпологовый ярус растительности и живой напочвенный покров хвойных насаждений, произрастающих вокруг цементных заводов.

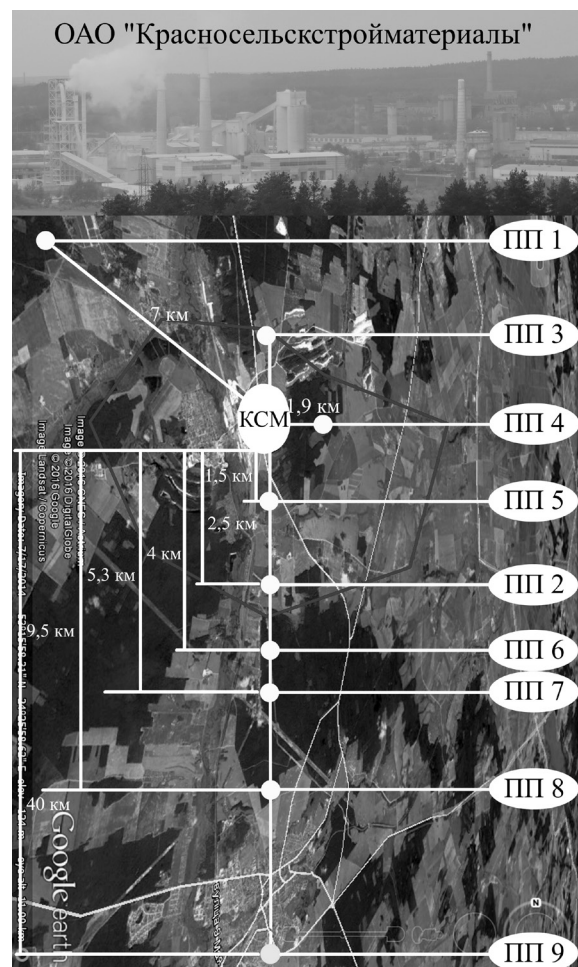
Исследования осуществлялись на территории Гродненской области, в которой расположено крупнейшее в республике промышленное предприятие по производству цемента — ОАО «Красносельскстройматериалы», или КСМ. Оно же является и самым старейшим в республике разменявшем в 2014 году вековой юбилей. КСМ — самое большое предприятие цементной промышленности Беларуси по многим параметрам, но, в первую очередь, по объему производства цемента и ширине ассортимента выпускаемой продукции. В мае 2012 г. введены новые линии по производству цемента «сухим способом», поэтому в структуре производства цементов 90% приходится на портландцемент, около 10% на другие его виды.

С целью получения информации о влиянии хронического загрязнения воздуха цементной пылью на состояние подчиненных компонентов сосновых биогеоценозов заложена сеть временных пробных площадей (ПП) в насаждениях с преобладанием сосны обыкновенной III-IV класса возраста (рис.).

На всех ПП был проведен учет численности и состояния подроста, который делили на два класса по высоте (0–0,5 м и 0,5–1,5 м) и четыре класса по состоянию (1 — благонадежный, 2 — сомнительный, 3 — неблагонадежный 4 — мертвый). На каждой пробной площади также проводили оценку численности и состояния подлеска с разделением по видовой принадлежности и степени жизнеспособности (1 — здоровые, 2 — ослабленные, 3 — мертвые). Для оценки живого напочвенного покрова на ПП использовали 20 учетных площадок размером 1×1 м, для которых рассчитывали проективное покрытие вида и определяли характеристики их роста и развития.

Как показали исследования российских коллег [6], наряду с ослаблением и выпадением яруса видов-эдификаторов, происходит смена доминантов и в подчиненных ярусах растительности, и как следствие, упрощение структуры фитоценозов и снижение их продуктивности. Аэротехногенное загрязнение отрицательно сказывается также на подросте лесообразующих пород. Установлено, по мере приближения к источнику загрязнения снижается численность подроста, сокращается его возрастная амплитуда и ухудшается жизнеспособность молодых особей.

В подросте на ПП-2–5 преобладали лиственные виды — береза бородавчатая, дуб черешчатый и клен остролистный. Ель европейская и сосна обыкновенная в небольшом количестве отмечены только на пробной площади № 5. При этом только 14% от общего количества зафиксированных хвойных деревьев в подросте на участке отнесены к категории «благонадежный», а свыше половины — к категориям «сомнительный» и «неблагонадежный». Наибольшее видовое разнообразие и густота подроста отмечены на ПП-2 и ПП-4. Из 7 видов лиственных пород, произрастающих на каждом из экспериментальных участков, только береза бородавчатая, клен остролистный и дуб черешчатый, насчитывающих около 310 шт./га, характеризо-



вались высоким процентом благонадежности (43%). Для ясеня обыкновенного и пенсильванского, липы мелколистной и граба обыкновенного величина данного показателя была сопоставимой с характеристиками хвойных пород на ПП-5.

По мере удаления от источника загрязнения количество хвойного подроста и степень его благонадежности повышались, достигая на контрольной площади (ПП-9) величины почти в 400 стволов на га и 67% соответственно. Состав, состояние и густота подроста позволяют сделать заключение о направленности действия антропогенного экологического фактора, об устойчивости древесных пород в данных условиях и направлении сукцессионных смен.

Важнейшим компонентом лесных биогеоценозов является также травяно-кустарниковый ярус, который чутко реагирует на промышленное загрязнение среды. При загрязнении среды промышленными поллютантами кислого типа в зоне максимального загрязнения происходит их деградация [2]. В условиях же загрязнения среды выбросами цементного завода наблюдается обратная картина: в зоне сильного воздействия значительно выше, по сравнению с другими участками, густота и доля рябины, лещины, бузины и калины.

Анализ густоты и видового состава подлеска выявил, что в зоне с минимальным удалением от источника загрязнения (ПП 2–5) значительно выше густота и доля участия рябины, лещины, клена и липы (до 7,5 тыс. шт./га) по сравнению с зоной на удалении свыше 5 км (4,2 тыс. шт./га). На фоновом участке (ПП-9) при доминировании лещины и рябины густота их не превышает 1,1 тыс. шт./га. Необходимо отметить также, что почти для 70% учтенных кустарников жизненное состояние характеризовалось как «здоровые».

Живой напочвенный покров — один из наиболее пластичных компонентов лесных фитоценозов. Его биоразнообразие зависит, главным образом, от эдафического фактора, гидрологических условий и освещенности, а также степени воздействия аэрополлютантов и хозяйственной деятельности лесхозов. При промышленном воздействии цементной пыли на лесные экосистемы наблюдается как прямое негативное влияние на растения, так и косвенное — через изменение реакции среды, вследствие чего происходят изменения древесного яруса, приводящие к вариации освещенности подпологового пространства, изменения условий питания и кислотности среды.

Живой напочвенный покров сосняков-зеленомошников в процессе эволюции адаптировался к кислым лесным почвам. Цементная пыль, попадая в почву, меняет кислотность верхних горизонтов, что сказывается на ростовых процессах растений напочвенного покрова и их распространении. В зонах воздействия цементного завода прослеживаются две тенденции: первая — по мере усиления воздействия загрязнений видовой состав лесных растений сокращается за счет исчезновения малоустойчивых видов, появляются луговые и сорные растения; вторая — по мере разреживания полога древостоя из-за воздействия промвыбросов покрытие ЖНП увеличивается. При этом обильное выпадение на поверхность почвы щелочной пыли подавляет его рост, приводит к уменьшению степени покрытия мхов, появлению луговых видов. В условиях загрязнения среды выбросами цементного завода по мере приближения к нему наблюдается уменьшение встречаемости ацидофильных и увеличение доли нейтрофильных растений.

В зоне воздействия аэральных выбросов цементного завода происходят существенные изменения структуры живого напочвенного покрова соснового биогеоценоза, однако известковое загрязнение не влияет в целом негативно на биологическое разнообразие фитоценозов, а даже, наоборот, способствует появлению и развитию ряда видов, но в большинстве относящихся к сорным (табл.). При этом встречаемость видов и их проективное покрытие на ПП вблизи предприятия значительно (в 1,8–2,5 раза) уступают аналогичным характеристикам в контрольном варианте, а общность видового состава трав на них не достигает даже 30%.

Многолетние выбросы щелочного типа существенным образом изменили также структуру бриофлоры соснового биогеоценоза. Цементная пыль, покрывая стволы деревьев, расширяет распространение на них кальциофильных мхов, а также видов, характерных для листовенных пород: *Amblystegium serpens*, *Bryoerythrophyllum recurvirostrum*, *Bryum capillare*, *Pylaisiella polyantha*.

Видовое разнообразие, проективное покрытие живого напочвенного покрова при различной степени воздействия цементной пыли

Степень воздействия, номер пробной площади	Количество видов на ПП, шт.	Встречаемость видов, %	Проективное покрытие, %	Коэффициент общности видового состава с контролем, %
Сильная (ПП-2–5)	24,3	25,8	33,6	29,7
Средняя (ПП-1, ПП-6–8)	20,7	36,4	57,2	64,5
Контроль (ПП-9)	10,0	45,6	85,9	100,0

Наиболее представительна экологическая группа мхов, развивающихся на почве, среди которых массово встречаются *Brachythecium salebrosum*, который редок на фоновом участке, а также *Thuidium recognitum*, полностью отсутствующий там. Массовыми эпигейными видами являются также *Drepanocladus polycarpus*, *Abietinella abietina*, *Plagiomnium cuspidatum*, *Plagiomnium undulatum*, первый из которых является редким на контроле.

Таким образом, воздействие щелочных загрязнений на подрост, подлесок и живой напочвенный покров, как подчиненные компоненты лесного биогеоценоза, проявляется в значительной степени, что может быть использовано в фитоиндикационных целях оценки степени их негативного влияния.

Список литературы

1. Оценка удельных выбросов тяжелых металлов по категориям источников. Цементное производство / С. В. Какарека [и др.] // Выбросы тяжелых металлов в атмосферу : опыт оценки удельных показателей. — Минск : Ин-т геолог. наук НАН Беларуси, 1998. — С. 85–94.
2. Промышленные загрязнения, оценка состояния и оптимизация природной среды городских экосистем / Е. А. Сидорович [и др.]; под общ. ред. В. Ф. Логинова. — Мн.: Беларус. навука, 2007.
3. Сергейчик, С. А. Экологическая физиология хвойных пород Беларуси в техногенной среде / С. А. Сергейчик, Е. А. Сидорович, А. А. Сергейчик. — Мн.: Беларус. навука, 1998.
4. Соколов, Г. И. Усыхание лесов около г. Сатки Челябинской области от промышленных воздействий АО «Магnezит» / Г. И. Соколов // Влияние атмосферных загрязнений и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы: тез. докл. Междунар. науч. конф. В 2 т. — М.: МГУЛ, 1996. — Т. 2. — С. 35–37.
5. Техногенное загрязнение лесных экосистем Беларуси / Е. Г. Бусько [и др.]; под общ. ред. Е. А. Сидоровича. — Мн.: Навука і тэхніка, 1995.
6. Шелуха, В. П. Изменение сосновых биогеоценозов зоны широколиственных лесов при хроническом воздействии веществ щелочного типа: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук : 06.03.03; 03.00.16 / В. П. Шелуха ; Брянская гос. инж.-техн. акад. — Брянск: БГИТА, 2003. — 34 с.
7. Griess, O. Nachweis zusätzlicher Immissionswirkungen durch das DKN-Zoltweg und ihre Quantifizierung in einem Talgebiet des Murwaldes / O. Griess // Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. — Wien, 1980. — 131. — S. 185–188.

Секция 4

Биотехнологические и молекулярно-генетические аспекты изучения и использования биоразнообразия растений

Морфогенез некоторых видов рода *Hedysarum* L. *in vitro*

Ахметова А. Ш., Зарипова А. А.

Ботанический сад-институт Уфимского научного центра Российской академии наук,
Уфа, Россия, al_sham75@mail.ru

Резюме. В связи с постоянным истреблением и медленным восстановлением популяций редких видов растений актуальным является принятие мер по охране и восстановлению их генофонда. Для решения этой задачи, кроме использования традиционных способов, таких как интродукция, организация заповедников, заказников, необходимо культивирование этих растений *in vitro*. В статье приведены результаты размножения *Hedysarum argyrophyllum* Ledeb. и *Hedysarum grandiflorum* Pall. в культуре *in vitro*. Подобраны условия стерилизации, позволяющие достичь выхода максимального числа стерильных эксплантов, которое характеризовалось интенсивным ростом. Проведено исследование по подбору оптимальных концентраций регуляторов роста для увеличения коэффициента размножения и получения микропобегов, способных к укоренению.

The morphogenesis of some species of the *Hedysarum* L. *in vitro*. Akhmetova A. Sh., Zaripova A. A. **Summary.** In connection with the constant consumption and slow recovery of populations of rare plants it is urgent to take steps to protect and restore their gene pool. To solve this problem, in addition to the use of traditional methods such as the introduction, establishment of nature reserves, game reserves, must be the cultivation of plants *in vitro*. The article presents the results of breeding *H. argyrophyllum* and *H. grandiflorum* in culture *in vitro*. Selected sterilization conditions, allowing to achieve the maximum number of sterile explants, which was characterized by intensive growth. Pursued a study on the selection of optimal concentrations of growth regulators to increase the multiplication factor and obtain microshoots capable of rooting.

В данной работе объектом изучения являются представители рода *Hedysarum*: копеечник крупноцветковый *Hedysarum grandiflorum* Pall. и копеечник серебристолиственный *Hedysarum argyrophyllum* Ledeb. Исследуемые виды — многолетние травянистые декоративные растения,

характеризующиеся ярким длительным цветением, как редкие виды включены в Красную книгу Российской Федерации [1] и Красную книгу Республики Башкортостан [2]. Численность *H. argyrophyllum* и *H. grandiflorum* значительно колеблется по годам и составляет от нескольких десятков, до 1200 генеративных особей. Причиной резкого снижения численности в неблагоприятные годы является значительная гибель семенного потомства всех возрастных групп. Учитывая возможность повреждения значительного количества взрослых особей при выпасе скота, степных пожарах, разработке известняка, рекреационном воздействии, представляется необходимым, помимо охраны популяций *H. argyrophyllum* и *H. grandiflorum in situ*, сохранение видов путем интродукции, с последующим созданием искусственных интродукционных популяций за пределами современного ареала. Поэтому разработка альтернативных способов для сохранения и восстановления численности редких видов *H. argyrophyllum* и *H. grandiflorum* весьма актуальна. Чрезвычайно важно и то, что такая разработка дает уникальную возможность сохранить природные популяции *H. argyrophyllum* и *H. grandiflorum*.

Проблема сохранения *H. argyrophyllum* и *H. grandiflorum in situ* может быть решена и путем введения в культуру тканей. При выборе стратегии сохранения биоразнообразия редких, исчезающих видов растений многими исследователями показана эффективность методов биотехнологии в сравнении с традиционными способами их размножения [3, 4, 5, 6].

Цель данной работы — изучение особенностей морфогенеза *Hedysarum argyrophyllum* Ledeb. и *Hedysarum grandiflorum* Pall. в культуре тканей при клональном микроразмножении.

В качестве исходного материала для исследований использовали семена *H. argyrophyllum* и *H. grandiflorum*, собранные с растений в местах их естественного произрастания. Работу в асептических условиях, стерилизацию питательных сред и посадочного материала проводили согласно имеющимся рекомендациям [7]. Поверхностную стерилизацию проводили с использованием в качестве стерилизующих агентов ртутьсодержащее соединение (диацид) в концентрации 0,1% и хлорсодержащее соединение (лизоформин) в концентрации 1,0%. Семена сначала обрабатывали 70% этанолом, затем одним из вышеперечисленных стерилизующих растворов. Экспозиция воздействия стерилизующих растворов составляла от 4 до 12 мин. Семена *H. argyrophyllum* и *H. grandiflorum* помещали на безгормональную среду, содержащую минеральные соли по прописи MSO. После появления первых настоящих листьев у проростков удаляли корешки и пересаживали на питательную среду Мурасиге и Скуга (MS) [8]. Процесс размножения изучали в контролируемых условиях: 16-часовой фотопериод, температура 24°C влажность воздуха не менее 70%.

Для инициации морфогенетических процессов использовали модифицированные среды, различающиеся по типу и концентрации цитокининов: 6-БАП (6-бензиламинопурин), кинетин, а также ауксинов: ИУК (индолилуксусная кислота), ИМК (индолилмасляная кислота) и НУК (α -нафтилуксусная кислота). Средняя продолжительность субкультивирования составляла 14–20 дней. Коэффициент размножения подсчитывали путем деления общего количества образовавшихся побегов за субкультивирование на число высаженных эксплантов. Учитывали регенерационную способность эксплантов (количество и длину побегов, корней). Адаптацию растений-регенерантов к нестерильным условиям выращивания осуществляли в теплице.

Результаты и обсуждение

Одним из ключевых моментов размножения *in vitro* является разработка приемов введения растительного материала в стерильную культуру, что предусматривает как выбор экспланта, так и подбор условий стерилизации. Используемые нами стерилизующие растворы по-разному влияли на жизнеспособность семян и последующее развитие проростков. Применение лизоформина для стерилизации семян не является оптимальным, так как при его использовании получено лишь 12,2–30,6% стерильной культуры. Несмотря на выдерживание семян в лизоформине в течение 12 мин, число инфицированных оставалось высоким и составляло 69,4%. При асептической обработке семян *H. argyrophyllum* и *H. grandiflorum* в 0,1% растворе диацида в течение 8 мин получено максимальное число стерильных эксплантов (83,3% — *H. argyrophyllum* и 87,4% — *H. grandiflorum*), которое характеризовалось интенсивным ростом.

Интенсивность морфогенеза зависила от наличия регуляторов роста, использованных в питательной среде. Одним из наиболее мощных индукторов морфогенеза, который принято называть стимулирующим фактором или сигналом морфогенеза, является изменение соотношения между цитокининами и ауксинами, входящими в состав питательных сред [9]. Для увеличения коэффициента размножения и получения микропобегов, способных к укоренению, было проведено исследование по подбору оптимальных концентраций регуляторов роста. В исследовании было испытано 4 варианта комбинации регуляторов роста в питательной среде MS (табл. 1).

Таблица 1
Влияние регуляторов роста на коэффициент размножения, длину побегов *Hedysarum argyrophyllum* и *Hedysarum grandiflorum*

№ варианта	Регуляторы роста, мг/л	Коэффициент размножения	Средняя длина побега, мм
<i>Hedysarum argyrophyllum</i>			
1	кинетин 0,5 + ИУК 0,2	2,2 ± 0,4	5,36 ± 2,11
2	БАП 0,5 + ИУК 0,2	3,8 ± 0,5	6,08 ± 1,32
3	БАП 1,0	2,0 ± 0,3	4,09 ± 1,34
4	БАП 2,0 + ИУК 0,1	8,0 ± 1,2	12,33 ± 1,79
<i>Hedysarum grandiflorum</i>			
1	кинетин 0,5 + ИУК 0,2	1,8 ± 0,2	7,56 ± 3,97
2	БАП 0,5 + ИУК 0,2	2,6 ± 0,4	5,13 ± 1,80
3	БАП 1,0	4,9 ± 0,9	5,53 ± 2,23
4	БАП 2,0 + ИУК 0,1	4,2 ± 1,1	14,81 ± 2,34

На этапе собственно микроразмножения практически на всех вариантах сред у представителей рода *Hedysarum* L. наблюдалось образование адвентивных побегов на семядольных узлах проростков без образования каллуса, т. е. отмечали прямую регенерацию побегов. Изучение влияния регуляторов роста на побегообразование показало, что содержание в среде кинетина 0,5 мг/л + ИУК 0,2 мг/л незначительно увеличивало коэффициент размножения исследуемых видов. Под воздействием БАП 0,5 мг/л + ИУК 0,2 мг/л коэффициент размножения и средняя длина побегов *H. argyrophyllum* превышали значения этих показателей у *H. grandiflorum*. Коэффициент размножения дополнительных побегов составил 3,8 и 2,6 соответственно. Коэффициент размножения *H. grandiflorum* на питательной среде с добавлением БАП в концентрации 1,0 мг/л почти в 2,5 раза был выше, чем у *H. argyrophyllum* на данной среде (табл. 1). Коэффициент размножения исследуемых видов на среде БАП 2,0 мг/л + ИУК 0,1 мг/л различался в 2 раза. Если у *H. argyrophyllum* наблюдалось разрастание тканей побега и образование большого числа адвентивных почек с коэффициентом размножения равным 8,0, то побеги *H. grandiflorum* были витрифицированные. Одновременно на данной среде стимулировался рост стебля. Длина побегов *H. grandiflorum* составляла 14,8 мм. Установлено также, что коэффициент размножения представителей рода *Hedysarum* в процессе культивирования существенно изменялся. Отмечена общая для всех изучаемых видов тенденция: на первых пассажах коэффициент размножения постепенно возрастал, достигая наибольших значений на 3–5 субкультивированиях, снова снижаясь на 6–7 пассажах. Максимальный коэффициент размножения *H. grandiflorum* на 5 субкультивированиях, *H. argyrophyllum* — на 4 пассаже.

Таким образом, для *H. grandiflorum* оптимальной для побегообразования являлась питательная среда MS с добавлением 1,0 мг/л БАП, коэффициент размножения при этом составил 4,9, для *H. argyrophyllum* — БАП 2,0 + ИУК 0,1, коэффициент размножения 8,0.

Для стимуляции процесса укоренения на полученных микропобегах из питательной среды исключали цитокинины. Результаты экспериментов по подбору питательных сред на этапе укоренения показывают значительные отличия укоренения побегов в зависимости от концентрации ауксинов, применяемых для индукции ризогенеза. Микропобеги укореняли на среде $\frac{1}{2}$ MS, дополненной ауксинами: 1) ИМК 0,5 мг/л; 2) ИМК 0,2 мг/л + НУК 0,2 мг/л. Результаты укоренения микропобегов *H. argyrophyllum* и *H. grandiflorum* указывают на целесообразность использования в качестве индуктора ИМК (табл. 2).

Таблица 2

Влияние различных индукторов ризогенеза на образование корневой системы микропобегов *Hedysarum argyrophyllum* и *Hedysarum grandiflorum*

Регуляторы роста, мг/л	Укорененные побеги, %	Число корней, шт.	Средняя длина корней, мм
ИМК 0,5	$73,8 \pm 15,2$	$4,7 \pm 0,5$	$58,7 \pm 1,3$
	$88,6 \pm 10,6$	$6,4 \pm 1,5$	$71,4 \pm 1,9$
ИМК 0,2 + НУК 0,2	$61,0 \pm 15,9$	$2,9 \pm 0,5$	$52,3 \pm 2,6$
	$78,3 \pm 11,7$	$6,1 \pm 1,3$	$61,8 \pm 2,1$

Примечание: * в числителе *H. argyrophyllum*, знаменателе *H. grandiflorum*

Концентрация ИМК 0,5 мг/л, обеспечивала высокий процент укоренения побегов. Интенсивность ризогенеза в первом варианте опыта составила 4,7 и 6,4 шт. на побег, а длина корней достигала 58,7 и 71,4 мм для *H. argyrophyllum* и *H. grandiflorum* соответственно. Следовательно, питательную среду $\frac{1}{2}$ MS, дополненную ИМК 0,5 мг/л можно рекомендовать для укоренения растений-регенерантов *H. argyrophyllum* и *H. grandiflorum*.

Наиболее ответственным при клональном микроразмножении является перенос растений-регенерантов в нестерильные условия, т. е. высадка их в почвенный субстрат. Именно на этом этапе отмечается наибольший процент гибели пробирочных растений. В качестве субстрата использовали смесь: торф, песок и дерновая почва (1:1:2). Для регуляции влажности использовали пищевую пленку с последующим ее перфорированием. Выход адаптированных растений составил 70–80%.

Проведенное изучение подбора условий культивирования *H. argyrophyllum* и *H. grandiflorum* *in vitro* показало возможность эффективного применения метода культуры тканей для их размножения. Клетки специализированных тканей семядольного узла стерильных проростков изучаемых видов в условиях *in vitro* обладают тотипотентностью, т. е. способностью к размножению и формированию полноценных растений при подобранных условиях культивирования. Показано, что способность к индуцированному морфогенезу тканей проростка существенно зависела от состава питательной среды. Выявлены оптимальные питательные среды, позволяющие получать максимальное побегообразование на эксплантах и укоренение. Выявлено, что для эксплантов изученных видов *H. argyrophyllum* и *H. grandiflorum* характерна прямая регенерация.

Список литературы

1. Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы. М.: Товарищество научных изданий, 2008. 885 с.
2. Красная книга Республики Башкортостан. Растения и грибы // Под ред. А. А. Мулдашева. Уфа: МедиаПринт, 2011. Т. 1. 383 с.
3. Зарипова А. А., Ахметова А. Ш. Клональное микроразмножение некоторых видов рода *Iris* L. // Аграрная Россия. 2016. № 5. С. 20–25.
4. Зарипова А. А. Клональное микроразмножение *Polemonium caeruleum* L. // Аграрная Россия. 2015. № 6. С. 2–7.
5. Мухаметвафина А. А., Байбурина Р. К., Миронова Л. Н. Особенности регенерации *Lilium regale* Wils. и *L. henryi* Baker из фрагментов бутонов в культуре *in vitro* // Биотехнология. 2009 г. № 2. С. 37–41.
6. Зарипова А. А. Размножение редкого вида *Thermopsis schischkinii* Czefr. с использованием биотехнологических методов // Аграрная Россия. 2014. № 8. С. 13–17.
7. Калинин В. Ф., Сарнацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. Киев: Наукова думка, 1980. 488 с.
8. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant.* 1962. V. 15. № 13. P. 473–497.
9. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнология на их основе. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.

Влияние состава питательных сред на морфогенез орхидей *in vitro*

Большакова Е. В., Емельянова И. С.,
Мокшин Е. В., Лукаткин А. С.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», Саранск, Россия. aslukatkin@yandex.ru

Резюме. В настоящее время известно большое количество различных прописей питательных сред для культивирования изолированных тканей и клеток, состав которых зависит от задач культивирования, вида растения и типа экспланта. Целью нашей работы было выяснение эффектов состава питательных сред на микроразмножение в культуре *in vitro* четырех видов орхидей — *Vanda hybrida*, *Anoectochilus roxburghii* (Wall.) Lindl., *Liparis loeselii* (L.) Rich. и *Anacamptis coriophora* (L.) R. M. Bateman, Pridgeon et M. W. Chase. При выращивании на средах Мурасиге-Скуга (МС), Фаста, Кнудсона измеряли параметры побегов растений орхидей. Установлено, что наиболее подходящей средой для культивирования ванды гибридной и липариса Лёзеля является среда Фаста, тогда как лучшие значения по побегообразованию и органогенезу для анектохилиуса Роксбурга и анакамптиса получены при выращивании на среде МС.

Summary. Bolshakova E. V., Emelyanova I. S., Mokshin E. V., Lukatkin A. S. **Effects of growth media on orchids morphogenesis *in vitro*.** Currently, there are a large number of different formulations of growth media for the cultivation of isolated tissues and cells. Their composition depends on the tasks of cultivation, plant species and types of explants. The aim of our work was to determine the effects of growth media composition on micropropagation in *in vitro* of four orchid species — *Vanda hybr.*, *Anoectochilus roxburghii* (Wall.) Lindl., *Liparis loeselii* (L.) Rich. и *Anacamptis coriophora* (L.) R. M. Bateman, Pridgeon et M. W. Chase. The growth parameters of orchid plants shoots were measured after growth on Murashige and Skoog (MS), Fast, or Knudson media. The most suitable medium for the cultivation of *Vanda hybr.* and *Liparis loeselii* was Fast medium, whereas the best values for shoot formation and organogenesis for *Anoectochilus roxburghii* and *Anacamptis coriophora* was obtained by growing on MS medium.

На сегодняшний день орхидные найдены на всех континентах, кроме Антарктиды. Большинство видов сосредоточено в тропических широтах. Здесь, в областях с коротким сухим сезоном и высоким уровнем осадков, они находят наиболее благоприятные условия для своего роста. Орхидеи являются объектом внимания исследователей, поскольку до настоящего времени остается множество вопросов, связанных с особенностями их размножения, которые влияют на скорость и характер дифференциации растений. Многие орхидеи в умеренной зоне принадлежат к группе редких и исчезающих растений, для которых актуальной является проблема сохранения и увеличения численности особей в популяциях.

Для решения проблемы сохранения редких и исчезающих видов растений широко используются биотехнологические методы микрклонального размножения растений. При введении в культуру *in vitro* орхидных возникает ряд трудностей, связанных с биологическими и экологическими особенностями этих видов. Для экологических целей создаются биотехнологические коллекции, посредством которых хранятся и реинтродуцируются редкие и исчезающие виды растений, в первую очередь — те, которые плохо размножаются семенами [1].

В настоящее время существует большое количество различных прописей питательных сред для культивирования изолированных тканей и клеток. Их состав зависит от задач культивирования, видов растений и типов эксплантов. Питательные среды для культивирования клеток

и тканей должны включать все необходимые растениям макроэлементы (азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера) в миллимолярных концентрациях, микроэлементы (железо, бор, марганец, цинк, медь, молибден и др.) — в микромолярных концентрациях, а также органические вещества: витамины, углеводы, аминокислоты и др. Культивирование орхидей *in vitro* зачастую затруднено именно в связи с использованием неподходящих для данного вида питательных сред.

Целью работы было выяснение влияния состава питательных сред на морфогенез данных видов орхидных в культуре *in vitro*. В качестве объектов исследования использовали стерильные пробирочные растения семейства орхидных *Vanda hybr.*, *Anoectochilus roxburghii* (Wall.) Lindl., *Liparis loeselii* (L.) Rich. и *Anacamptis coriophora* (L.) R. M. Bateman, Pridgeon et M. W. Chase.

В ходе эксперимента производили посадку эксплантов пробирочных растений орхидей на питательные среды, приготовленные по прописи МС, Фаста, Кнудсона. Далее пробирочные растения культивировали при температуре 20–24°C и 16-часовом фотопериоде. Измерения проводили раз в две недели после первого месяца. При этом учитывали следующие показатели: количество и размер листьев, образование побегов, корней, бульб и корнеклубней (у отдельных видов). Полученные результаты обрабатывали статистически.

Было выяснено, что питательные среды оказывали влияние на побегообразование, различающееся у разных видов орхидей. Так, максимальное количество побегов ванды гибридной наблюдали в варианте с использованием среды Фаста (3,44 шт. побегов с экспланта), тогда как на анектохилус лучшее влияние оказала среда МС (3,13 шт. соответственно). В то же время наименьшее действие на оба вида проявилось при использовании среды Кнудсона (рис.).

При исследовании влияния питательной среды на листовую органогенез (количество и размеры листовой пластины) орхидей было установлено, что максимальное значение по количеству листьев для ванды было достигнуто при культивировании на среде Фаста (табл. 1). В то же время для анектохилуса лучший показатель был получен при выращивании на среде МС, а для липариса и анакамптиса — на среде Кнудсона (табл. 1–3). Минимальные значения по данному показателю для первых двух видов были получены при использовании среды Кнудсона, для последних двух — на среде Фаста. Максимальные значения длины листьев ванды (в среднем 12,3 мм) отмечены при выращивании на среде Фаста, липариса — на среде МС. У анектохилуса и анакамптиса различия по длине листьев у растений, выращенных на разных средах, были недостоверными.

Для липариса и анакамптиса регистрировали также количество и линейные размеры бульб, корнеклубней и корней. По образованию бульб оптимальной средой для культивирования *Liparis loeselii* L. была среда Фаста (см. табл. 2). Корнеобразование у липариса отмечено только на среде Кнудсона.

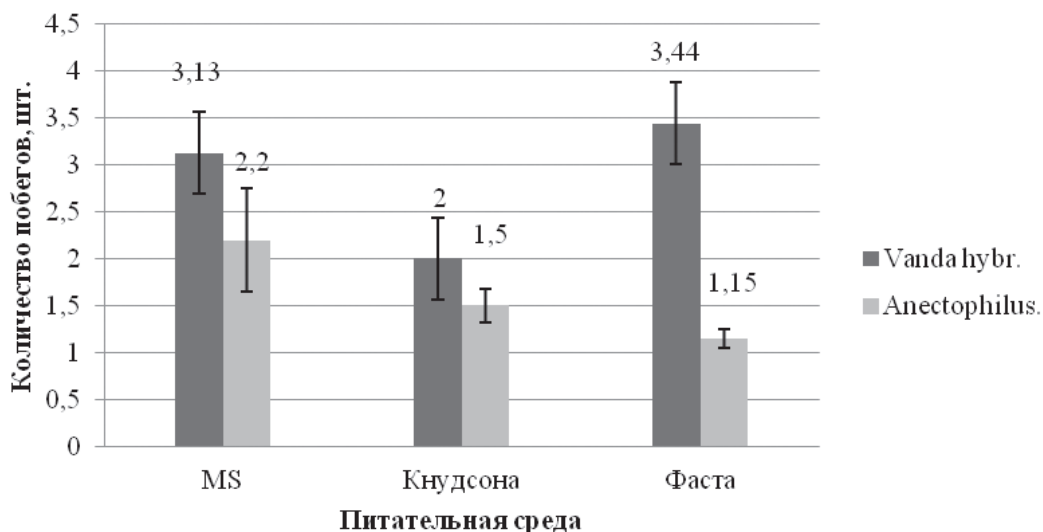


Рис. Влияние различных питательных сред на количество побегов ванды гибридной и анектохилуса Роксбурга в культуре *in vitro*

Лучшие значения по побегообразованию и органогенезу (образованию корнеклубней, ризогенезу) для *Anacamptis coriophora* L. были получены при выращивании его на среде Мурасиге-Скуга. Однако для этого вида, так же как и для липариса, влияние разных питательных сред было не столь явно выраженным.

Таблица 1

Влияние различных питательных сред на формирование и рост листьев у *Vanda hybriden* и *Anoectochilus roxburghii* в культуре *in vitro*

Среда	<i>Vanda hybr.</i>		<i>Anoectochilus roxburghii</i>	
	кол-во листьев	размер листьев	кол-во листьев	размер листьев
МС	3,3	10,4	4,7	10,8
Кнудсона	3,1	7,9	3,2	9,7
Фаста	3,8	12,3	3,4	9,6

Таблица 2

Влияние состава питательных сред на морфометрические показатели *Liparis loeselii* L.

Параметр	Среда Кнудсона	Среда МС	Среда Фаста
количество бульб, шт.	1,4	1,2	1,8
размер бульб, мм	1,6	1,8	2,0
количество корней, шт.	1,5	–	–
длина корней, мм	5,5	–	–
количество листьев, шт.	1,8	1,7	1,5
размер листьев, мм	3,9	4,5	3,2

Таблица 3

Влияние состава питательных сред на морфометрические показатели *Anacamptis coriophora* L.

Параметр	Среда Кнудсона	Среда МС	Среда Фаста
количество корнеклубней, шт.	1,0	1,0	1,0
размер корнеклубней, мм	4,8	6,0	4,1
количество корней, шт.	2,3	2,0	2,0
длина корней, мм	6,3	9,0	8,8
количество листьев, шт.	3,3	3,0	2,8
размер листьев, мм	22,1	20,0	21,3

Таким образом, питательная среда оказывает существенное влияние на органогенез ряда орхидей, в том числе редких и исчезающих.

Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам Лаборатории клеточной биотехнологии Центрального ботанического сада НАН Республики Беларусь за любезно предоставленные культуры *in vitro*.

Список литературы

1. Решетников В., Спиридович Е., Фоменко Т., Носов А. Растительная биотехнология — способ использования биосинтетического потенциала. Наука и инновации, 2014, Т. 5, № 135, с. 21–25.

Особенности морфогенеза, структуры и физиологии растений *Canna × hybrida hort. ex Backer* сорта 'Дар Востока' в культуре *in vitro*

**Браилко В. А.¹, Тевфик А. Ш.^{1,2}, Митрофанова И. В.¹,
Митрофанова О. В.¹, Зубкова Н. В.¹**

¹ Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Республика Крым, Российская Федерация, valentina.brailko@yandex.ru

² Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, г. Симферополь, Республика Крым, РФ

Резюме. По итогам биотехнологических, морфологических, анатомических и физиологических исследований разработан протокол клонального микроразмножения растений перспективного сорта канны садовой 'Дар Востока'. Приведены данные структурных особенностей, водного режима и фотосинтетической активности листьев регенерантов в культуре *in vitro*.

Ключевые слова: канна садовая, эксплант, регенерация *in vitro*, структура листа, функциональное состояние.

Some features of morphogenesis, structure and physiology of *in vitro* plants in *Canna × hybrida hort. ex Backer* cultivar 'Dar Vostoka'. Brailko V. A., Tefvik A. Sh., Mitrofanova I. V., Mitrofanova O. V., Zubkova N. V. **Summary.** Based on the results of biotechnological, morphological, anatomical and physiological studies a protocol for clonal micropropagation of plants in the promising canna lily cultivar "Dar Vostoka" has been developed. The data about structural features, water regime and photosynthetic activity in the leaves of regenerants *in vitro* are presented.

Key words: canna lily, explant, *in vitro* regeneration, leaf structure, functional state.

Канна садовая (*Canna × hybrida hort. ex Backer*) — многолетнее декоративнолиственное и красивоцветущее травянистое растение семейства Cannaceae Juss, продолжительность цветения которого в условиях Южного берега Крыма длится свыше 120 дней. Используется для групповых и одиночных посадок в открытом грунте, а также в качестве кадочных растений для внутреннего озеленения [14]. В настоящее время существенной проблемой выращивания канны садовой, по мнению ряда исследователей [1, 9, 10] является ее тотальное повреждение вирусными инфекциями. В литературе есть информация [2, 3] о том, что основные поражения вызывает *Canna yellow streak virus* (CaYSV). Помимо потери декоративных качеств (некротических и хлоротических пятен на листьях и соцветиях) патогенез вызывает нарушения в метаболизме, росте и развитии растений данной культуры в целом [10]. Эффективным методом получения здорового посадочного материала является применение биотехнологических методов в комплексе с хемотерапией [9]. Таким образом, целью нашей работы являлось выявление путей регенерации перспективного сорта канны садовой 'Дар Востока' и оценка структурно-функциональных параметров регенерантов в условиях *in vitro*.

Коллекционный фонд канны садовой Никитского ботанического сада (НБС) включает 26 сортов селекции НБС и 23 зарубежных культивара [13]. Сорт 'Дар Востока' относится к сортогруппе канны Крози селекции НБС. Высота растений 125–130 см, листья зеленые. Соцветия длиной 40 см, в соцветии 19–21 цветок; диаметр цветка 13×11 см, ширина стаминодиев 4,5–5 см. Окраска оранжевая, цветки самоопыляющиеся [14].

В работе использовали общепринятые методы культуры органов и тканей растений [5], а также рекомендации, разработанные в отделе биотехнологии растений Никитского ботанического сада [8]. В качестве исходных эксплантов были взяты корневища (вегетативные почки). Отбор материала производился с апреля по ноябрь.

Для стерилизации использовали этиловый спирт, коммерческие препараты Domestos (Великобритания), ДезТаб (КНР), Thimerosal (Merk, Германия). Вегетативные почки помещали на модифицированную питательную среду Мурасиге и Скуга (МС) с 30 г/л сахарозы, 1,0% агар-агара с 2–4 мг/л БАП и 1 мг/л ГК₃ (Sigma, США). На этапе собственно микроразмножения использовали МС с 0,64–2,55 мг/л ТДЗ (Sigma, США). Микропобеги и растения культивировали в камере роста при стандартных условиях выращивания *in vitro*: температура 24±1 °С, 16-часовой фотопериод, интенсивность освещения 37,5 μmol m⁻² s⁻¹.

Для определения линейных размеров микропобегов брали 5 экземпляров каждого варианта, морфометрию листьев проводили с 30-кратной повторностью. Анатомические препараты изготавливали по общепринятой методике [11]. Гистологические исследования были проведены с помощью микроскопа AxioScope A.1 (Zeiss) и программного приложения AxioVision Rel. 4.8.2. Микрофотографии делали на камере AxioCam ERc5 s. Морфометрические измерения проводили в 10 полях зрения для каждого препарата.

Функциональное состояние регенерантов оценивали по параметрам индукции флуоресценции хлорофилла [6] и водного режима [7]. Фотосинтетическую активность измеряли при помощи портативного флуориметра «Флоротест», регистрировали начальный уровень флуоресценции (F₀), максимальное (F_m) и стационарное (F_{st}) значения флуоресценции [4, 6]. Для статистической обработки использовали программное приложение Statistica 6.0.

Известно, что тип экспланта существенно влияет на регенерацию микропобегов на начальном этапе их культивирования [12, 13]. Высоким морфогенетическим потенциалом обладали вегетативные почки канны. У вегетативных почек канны на 30-е сутки культивирования отмечали увеличение длины микропобегов, постепенное разворачивание листьев и появление дополнительных микропобегов. Коэффициент размножения составлял до 2 шт./эксплант. Для индукции адвентивного побегообразования нами был использован цитокинин ТДЗ. В этом случае, при оптимизации питательной среды на 12-е сутки культивирования отмечали начало формирования адвентивных побегов. При отделении дополнительных побегов и продолжительном их культивировании (свыше 50 сут) формировались меристемойды (рис. 1, А).

Спустя 5 месяцев культивирования на питательной среде МС с 1,27 мг/л ТДЗ отмечали образование в среднем 16 меристемойдов на эксплант. Низкая (0,64 мг/л) и высокая (1,91 мг/л)

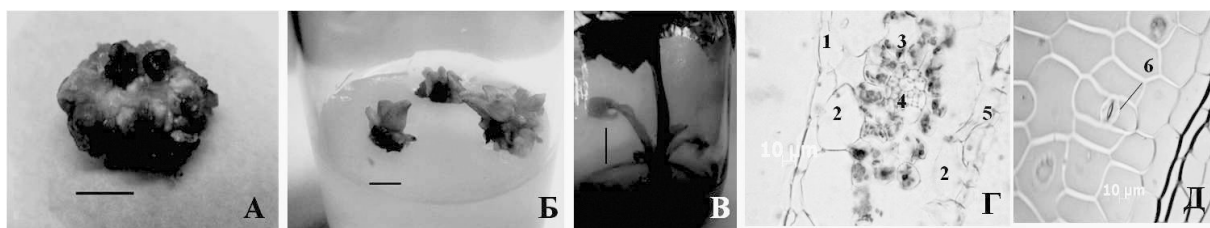


Рис. 1. Регенеранты канны садовой сорта 'Дар Востока': А — меристемойд на питательной среде МС; Б — вегетативные почки, образованные из меристемойдов; В — развившийся микропобег (масштаб 1 см); Г — структура листа (1 — адаксиальная эпидерма, 2 — аэренхима, 3 — мезофилл, 4 — элементы проводящей системы, 5 — абаксиальная эпидерма, 6 — устьица); Д — слепок абаксиальной эпидермы

концентрации ТДЗ в среде МС снижали частоту формирования меристемоидов. Высокие концентрации ТДЗ ингибировали последующую регенерацию микропобегов из меристемоидов. Для повышения уровня морфогенетического ответа отдельные меристемоиды и их группы переносили на среду МС, дополненную 1,5 мг/л БАП и 1,5 мг/л ИУК (рис. 1, Б), на которой отмечено активное регенерантов с корнями первого и второго порядков (рис. 1, В). Так, на 60-е сутки культивирования на данной среде отмечали образование в среднем до 5 корней/регенерант длиной до 8 см.

Отобранные на 70 сутки культивирования *in vitro* растения канны «Дар Востока» достигали высоты 8,6–11,2 см с 4–6 линейными или линейно-ланцетными листьями, длина сформированных корней составила 1,6–8,2 см. Индекс формы листа (соотношение длины и ширины) — 5,3.

Листовые пластины имели типичную зеленую окраску, нижняя пара листьев полностью или частично некротизированны. При проведении исследования анатомического строения листовых пластин выявлено, что для вегетативных органов регенерантов «Дар Востока» характерна гидроморфная структура: тонкие покровные ткани (8–13 мкм), развитая аэренхима и воздухоносные каналы (26 и 32 мкм с адаксиальной и абаксиальной стороны соответственно), узкий гомогенный 3–4 слойный мезофилл (59±6 мкм). Листовые пластинки тонкие (144±12 мкм), бифациальные, амфистоматические, дифференциация мезофилла на палисадную и губчатую ткань не выражена (рис. 1, Г). Устьичный аппарат парацитного типа (длина устьичной щели 31±4 мкм), большинство устьиц были в открытом состоянии. Клетки адаксальной эпидермы округло-продолговатые (длина превышает ширину в 1,5–2 раза), абаксиальной — удлинено-продолговатые (длина превышает ширину в 2–4 раза, рис. 1, Д). Больше количество устьиц отмечено на абаксиальной стороне (23±5 устьиц/мм²).

Оводненность регенерантов очень высокая: общее содержание воды составило 94±3%, из которой 42±5% коллоидно — и осмотически связанной воды. При измерении индукции флуоресценции листьев регенерантов кривые Каутского имели классический вид. Максимальная флуоресценция отмечена через 5–7 секунд засветки, плато стабилизации наступало через 23–26 секунд. Интегральный показатель фотосинтетической активности $(F_m - F_{st})/F_m = 0,57 \pm 0,03$ отн. ед., индекс жизнеспособности $(F_m/F_{st}) = 2,31 \pm 0,12$ отн. ед., что свидетельствует об отсутствии фотоингибирования и нормальном функциональном состоянии ассимиляционного аппарата листьев канны «Дар Востока» даже при условно гетеротрофном типе питания.

Таким образом, в ходе исследований установлено, что вегетативные почки канны садовой «Дар Востока» являются перспективным типом экспланта для индукции морфогенеза. Культивирование на питательной среде МС с добавлением ТДЗ индуцировало адвентивное побегообразование и формирование меристемоидов; на питательной среде МС с добавлением 1,5 мг/л БАП и 1,5 мг/л ИУК отмечены активное побегообразование и ризогенез.

Листья регенерантов типичной для канны садовой формы и окраски, бифациальные, амфистоматические, с недифференцированным мезофиллом и развитой аэренхимой. При очень высокой оводненности на долю связанной воды пришлось менее половины от ее общего содержания. Показатели индукции флуоресценции хлорофилла свидетельствуют о нормальном функционировании ассимилирующих тканей листа регенерантов *in vitro*.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского Научного Фонда № 14-50-00079.

Список литературы

1. Borroto-Fernandez E. G., Maghuly F., Fellner A., Laimer M. Determination of viral infections in Austrian collection of *Canna indica* J. of plant diseases and protection. — 2008. — № 115 (3). — P. 102–103.
2. Lockhart B. E. L. Occurrence of *Canna yellow mottle virus* in North America. Acta Hort. — 1988. — № 234. — С. 69–72.
3. Momol M. T., Lockhart B. E. L., Dankers H., Adkins S. *Canna yellow mottle virus* detected in Canna in Florida. Online J. Plant Health Progress. — 2004. doi:10.1094/PHP-2004-0809-01-HN.
4. Stirbet, A., and Govindjee, J. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll *a* fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. — 2011 — № 104. — С. 236–257. doi:10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010.
5. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе: учеб. пособ. М.: ФБК-ПРЕСС. — 1999—160 с.
6. Корнеев Д. Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Киев: Альтенпресс. — 2002. — 188 с.
7. Лищук А. И. Методика определения водоудерживающей способности к обезвоживанию листьев плодовых культур. Физиологические и биофизические методы в селекции плодовых культур: методические рекомендации. М.: ГНБС. — 1991. — С. 33–36.
8. Митрофанова И. В. Соматический эмбриогенез и органогенез как основа биотехнологии получения и сохранения многолетних садовых культур. Киев: Аграрна наука. — 2011. — 344 с.
9. Митрофанова И. В., Митрофанова О. В., Ежов В. Н., Лесникова-Седошенко Н. П., Корзина Н. В., Иванова Н. Н. Выявление фитопатогенов в садово-парковых агроценозах и биотехнологические пути оздоровления вегетативно-размножаемых декоративных и плодовых культур. Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры: Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Беларуси. — Минск. — 2012. — Ч. 2. — С. 423–427.
10. Палий А. Е., Митрофанова И. В., Браилко В. А., Гребенникова О. А., Зубкова Н. А., Челомбит С. В. Морфологические изменения и метаболические процессы, происходящие в вегетативных органах *Canna × hybrida hort. ex Backer* при поражении вирусными патогенами. Бюллетень ГНБС. — 2016. — Вып. 120. — С. 61–68.
11. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. — М: Колос. — 1990. — 283 с.
12. Тевфик А. Ш., Митрофанова И. В. Пути реализации морфогенетического потенциала различных эксплантов канны садовой (*Canna × hybrida hort.*) в условиях *in vitro*. Цветоводство: традиции и современность: VI Междунар. научн. конф., 15–18 мая 2013 г., Волгоград: матер. конф. — Белгород: НИУ «БелГУ». — 2013 б. — С. 414–416.
13. Тевфик А. Ш., Митрофанова И. В. Некоторые особенности культивирования *in vitro* и *in vivo* семян и изолированных зародышей *Canna × hybrida hort. ex Backer*. Бюллетень ГНБС. — 2016. — № 121. — С. 143–147.
14. Феофилова Г. Ф. Ассортимент и технология выращивания перспективных сортов канны для южных районов страны. Сб. науч. тр. ГНБС. Ялта. — 1991. — Т. 112. — С. 41–50.

Молекулярно-генетическая регуляция апомиксиса

Брюхин В. Б.^{1,2}

¹ Центр геномной Биоинформатики им. Ф. Г. Добржанского Санкт-Петербургского государственного университета; В. О. Средний проспект 41, 199004 Санкт-Петербург, vbrukhin@gmail.com

² Лаборатория Эмбриологии и репродуктивной биологии, Ботанический институт им. В. Л. Комарова, РАН, ул. Проф. Попова 2, 197376, Санкт-Петербург

Резюме. Апомиксис представляет собой бесполое размножение растений посредством семян, в результате которого возникает генетически однородное потомство. Апомиксис, по сути, является природной формой клонального размножения. В настоящее время известно более 400 видов растений, использующих апомиксис в качестве стратегии размножения. Основными фундаментальными признаками апомиксиса являются отсутствие мейоза и партеногенетическое развитие зародыша без участия оплодотворения. Апомиксис привлекает большое внимание исследователей благодаря потенциальной ценности для сельского хозяйства. Внедрение его свойств в культурные растения может стать предвестником второй «зеленой революции», поскольку, благодаря апомиксису, любой гибридный признак может быть зафиксирован в последующих поколениях, сохраняя полезные гибридные свойства родительских форм. Исследование молекулярных и генетических основ регуляции апомиксиса имеет важное значение для понимания его эволюционных перспектив, а также для внедрения его элементов в сельскохозяйственные растения. Несмотря на то, что апомиксис уже давно рассматривается в качестве одной из ключевых платформ для создания технологий улучшения сельского хозяйства, в настоящее время не в полной мере известно как происходит генетическая и молекулярная регуляция этого важного признака.

Molecular and genetic regulation of apomixis. Brukhin V. **Summary.** Apomixis, defined as the asexual plant reproduction through seeds that results in the production of genetically uniform progeny. In fact, apomixis could be considered as a natural way of cloning. Currently there are more than 400 plant species known to use apomixis as a strategy for their propagation. The primary fundamental aspects of apomixis are the bypassing of meiosis and parthenogenetic development of the embryo without fertilization. Apomixis attracts special attention because of its potential value for agriculture, as it could be harnessed for plant breeding programs enabling the permanent fixation of heterosis in crop plants. A better understanding of the molecular and genetic regulation of apomixis is important for developmental and evolutionary perspectives but also for implementation of engineering of apomixis traits into agricultural crop plants. Despite apomixis is considered as one of the key technologies for the improving agriculture, it is currently not fully known how the genetic and molecular regulation of this important trait occurs. In my talk, an up to date information on the biology of apomixis and the known genes and genetic loci associated with regulation of different components of apomixis will be provided.

Половое размножение способствует возникновению бесконечного разнообразия генетических вариантов, которые обеспечивают материал для адаптивного отбора в процессе эволюции диких видов, а также для улучшения качества урожая путем селекции сельскохозяйственных форм растений и животных. Недостатком полового размножения является расщепление сочетания полезных признаков в последующих поколениях благодаря мейотической рекомбинации,

вследствие чего потомство теряет выгодные комбинации генов своих предков. Однако, некоторые растения могут размножаться бесполом путем при помощи семян (минуя мейоз и оплодотворение), процесс, известный как апомиксис (рис. 1).

Как известно, более 400 видов растений, принадлежащих к почти 40 семействам, могут размножаться апомиксисом [1–3]. Недавние исследования показывают следующие цифры для встречаемости различных типов апомиксиса: адвентивная эмбриония наблюдалась у растений из 148 родов, апоспория у растений из 110 родов и диплоспория у растений из 68 родов [4]. Таким образом, апомиксис является одной из основных репродуктивных стратегий наряду с половым размножением. Существует положительная корреляция между наличием апомиксиса, таксономическим разнообразием и величиной ареала распространения растений. Было установлено, что большинство крупных семейств включают в себя апомиктные формы растений [4]. Термин «апомиксис» был введен немецким ученым Гансом Винклером в начале 20-го века для обозначения бесполого размножения, которое заменяет половое размножение у растений. Апомиктические зародыши возникают не в результате слияния мужских и женских половых клеток, как это происходит при половом размножении, а благодаря клонированию материнских тканей семязачатка. Считается, что апомиксис эволюционировал независимо в нескольких таксонах от половых предковых форм [5, 6]. Апомиксис может рассматриваться как вариация полового размножения, своего рода «короткое замыкание» полового пути, при котором определенные этапы утрачены, десинхронизированы либо существенно сокращены или изменены [7–10]. Таким образом, апомиксис и половое размножение эволюционно тесно взаимосвязаны, при этом многие регуляторные механизмы у них являются общими. Способность производить клоны материнского растения, а следовательно закреплять желаемые генетические признаки в последующих поколениях различных видов сельскохозяйственных растений, может привести к ускорению создания эффективных стратегий растениеводства на основе знаний о генетических аспектах апомиксиса. Еще в 1930-е годы, известные генетики Г. Д. Карпеченко и М. С. Навашин осознали огромный потенциал апомиксиса в закреплении гибридной силы растений. Впоследствии было предложено множество других возможных способов применения апомиксиса в сельском хозяйстве [9, 11], а также было признано его потенциальное значение для устойчивого развития сельского хозяйства и продовольственной безопасности [12]. Более глубокое понимание молекулярных основ апомиксиса имеет решающее значение для повышения урожайности, для устойчивого производства продуктов питания, кормов, биоматериалов, волокон и биотоплива. К сожалению, среди основных сельскохозяйственных культур не было обнаружено природных апомиктов [13]. Большинство известных апомиктов являются факультативными, т. е. они могут переключить программы своего развития с бесполого на половой путь и обратно. Апомиксис обычно наблюдается у полиплоидных многолетних видов, в то время как диплоидные виды того же рода размножаются половым способом. Наличие полиплоидности затрудняет исследование генетики апомиксиса. Хотя молекулярные и генетические основы регуляции апомиксиса на сегодняшний день недостаточно изучены [10, 14–16], упомянутый выше его потенциал привлекает огромный интерес к выяснению механизмов его регулирования. Главные усилия ученых сосредоточены на более глубоком понимании молекулярных основ апомиксиса в качестве ключа, который поможет созданию сельскохозяйственных технологий, способствующих постоянной фиксации благоприятных генотипов растений на основе получения бесполого семян.

Гибриды, размножающиеся половым путем, не могут сохранить свои свойства в последующих поколениях из-за мейотической рекомбинации, способствующей «разбавлению» гибридной силы. Генетический контроль апомиксиса и его применение в сельском хозяйстве позволяет зафиксировать гетерозиготные генотипы за счет замены мейоза митозом, что существенно облегчит процесс растениеводства и будет способствовать получению высших сортов сельскохозяйственных культур лучше приспособленных к изменяющимся условиям окружающей среды без недостатков, вызванных генетической рекомбинацией, и расщепления полезных признаков в последующих поколениях. Использование апомиксиса в сельском хозяйстве также будет

способствовать значительному снижению издержек производства и повышению урожайности. Иначе говоря, благодаря внедрению свойств апомиксиса, генетические ресурсы растений могут быть использованы гораздо более эффективно.

В настоящее время существуют две основные стратегии изучения молекулярно-генетической регуляции апомиксиса: 1) идентификация и характеристика генов, ответственных за его проявление у природных апомиктов, а также 2) попытка индуцировать его признаки у растений, в природе размножающихся только половым путем, посредством нокаута или экспрессии определенных генов [17]. Поскольку апомиксис является видоизменением полового процесса и многие гены, регулирующие последний, играют также ключевую роль и в регуляции апомиксиса.

Апомиксис это уникальное природное явление в размножении растений, которое способствует клональному воспроизводству растений посредством семян, при этом генотип зародыша, возникшего в результате апомиксиса, идентичен генотипу материнского растения. Апомиксис, очевидно, регулируется генетически, хотя его основные молекулярно-генетические компоненты до сих пор не полностью определены. Гены и локусы, влияющие на ключевые этапы апомиксиса, такие как апомейоз, партеногенез и автономное развитие эндосперма были идентифицированы у половых мутантов с признаками апомиксиса либо путем молекулярно-генетического сравнения природных апомиктов с половыми линиями этих же растений. Апомиксис не является полностью независимым путем, он во многом совпадает с половым развитием, однако он, по-видимому, переориентирует гаметический потенциал клеток семязачатка посредством гетерохронии и изменения стадий полового развития. Появляется все больше доказательств того, что эпигенетическая корректировка играет существенную роль в дерегулировании половых процессов при апомиктическом развитии.

Изучение апомиксиса имеет большое значение для сельского хозяйства. Экономически важные культуры со встроенными методом инжиниринга компонентами апомиксиса смогут самовоспроизводиться неограниченное количество раз без расщепления полезных признаков в последующих поколениях и без потери гибридной силы у созданных генетиками и селекционерами гибридов, возникшей за счет гетерозиса. Создание благодаря апомиксису клональных семян увеличит фенотипическую однородность фермерских полей, что является важным атрибутом для эффективного сбора и переработки сельскохозяйственных культур. Таким образом, апомиксис является хорошей платформой для создания высокоэффективных технологий многогранного применения в сельском хозяйстве, значение которых невозможно переоценить.

В заключении можно сказать, что изучение и более глубокое понимание молекулярных и генетических механизмов мегаспорогенеза, мегагаметогенеза, двойного оплодотворения, развития зародыша и эндосперма, а также импринтинга имеют решающее значение для понимания молекулярной и генетической регуляции апомиксиса. В настоящее время преимущества, предоставляемые современной биоинформатикой для анализа большого массива данных, технологиями нового поколения секвенирования (NGS) такими, как полногеномное секвенирование ДНК и РНК с высоким покрытием, а также другими современными инструментами исследований, способствуют более быстрому накоплению информации для расшифровывания генетической тайны апомиксиса, что в ближайшее время может привести к созданию молекулярных инструментов для получения самоклонированных семян у культурных растений, в норме размножающихся половым способом.

В докладе будут рассмотрены последовательные этапы формирования семени покрытосеменных растений при половой репродукции и при апомиксисе, а также гены, участвующие в этих процессах.

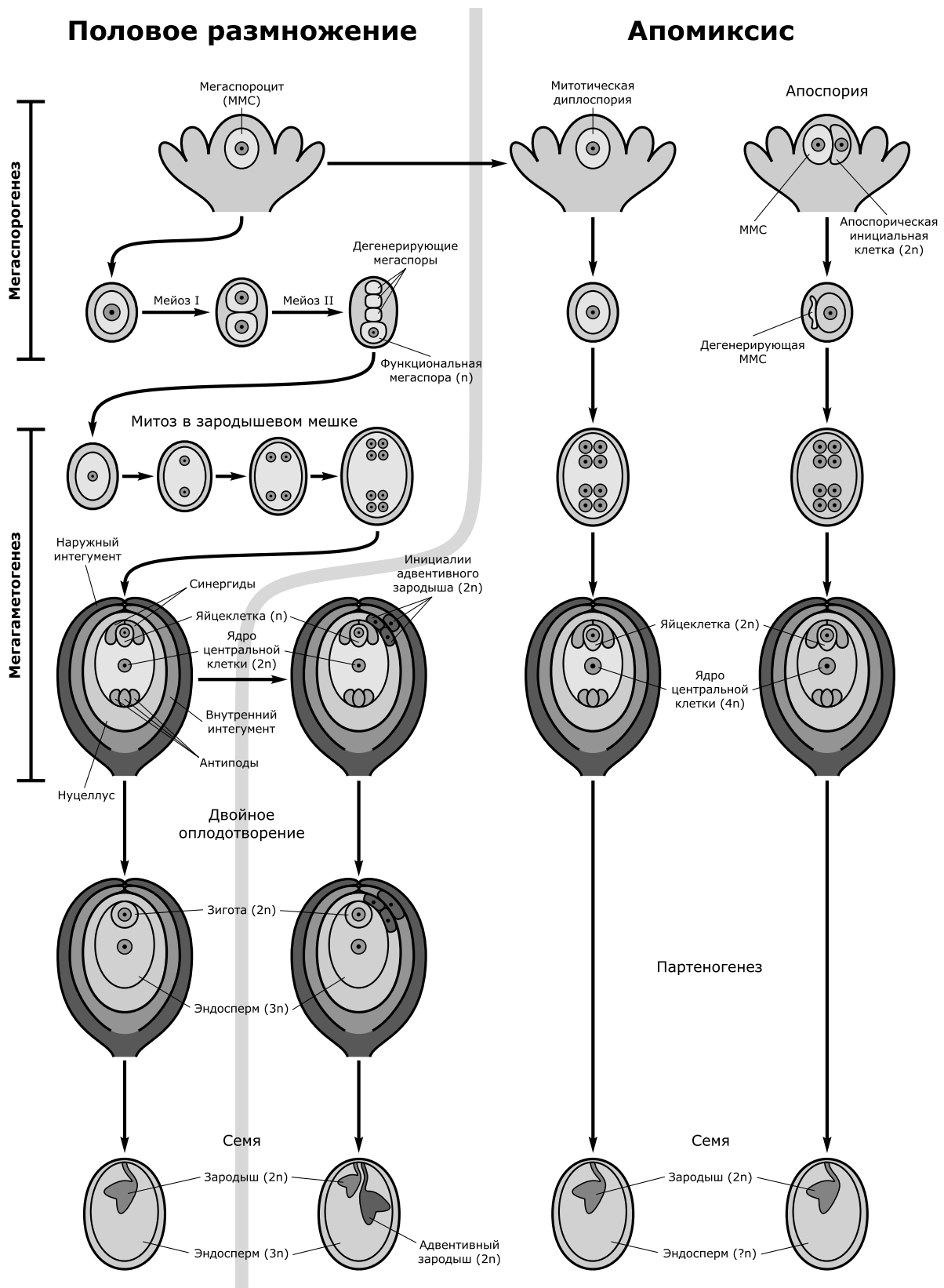


Рис. 1. Схематическое изображение полового и апомиктического развития

Левая сторона рисунка схематически изображает половой путь развития. При половом развитии материнская клетка мегаспор (ММС) проходит два мейотических деления, за счет чего образуется тетрада мегаспор. Затем три мегаспоры дегенерируют, а одна (функциональная) мегаспора после трех раундов митотических делений дает начало зародышевому мешку (женской гаметофиту = мегагаметофиту). Зрелый зародышевый мешок состоит из 7 клеток и 8-ядер с яйцеклеткой и двумя синергидами (яйцевой аппарат), расположенными на микропиллярном полюсе зародышевого мешка и тремя антиподами, расположенными на противоположном, халазальном полюсе. Два полярных ядра сливаются, образуя диплоидное ядро центральной клетки. При двойном оплодотворении один спермий оплодотворяет яйцеклетку, образуя диплоидную зиготу, в то время как второй спермий оплодотворяет центральную клетку, которая впоследствии даст начало триплоидному эндосперму. Синергиды принимают участие в приеме пыльцевой трубки и проведении спермиев к яйцеклетке и к центральной клетке, после оплодотворения синергида, в которую вошла пыльцевая трубка, дегенерирует. Зрелое семя состоит из диплоидного зародыша, триплоидного эндосперма (питательная ткань) и остатков материнской спорофитной ткани (клеток нуцеллуса и интегументов), которые абсорбируются и, в зрелом семени, образуют семенную кожуру.

Правая часть рисунка схематически изображает спорофитный (адвентивную эмбрионию) и гаметофитный апомиксис. Мейоз не происходит и, следовательно, не происходит и редукции хромосом. Адвентивный зародыш развивается из спорофитных клеток нуцеллуса либо клеток внутреннего интегумента; адвентивный зародыш может развиваться одновременно с половым зародышем в одном семени. При гаметофитном апомиксисе развитие зародышевого мешка начинается из нередуцированной диплоспоры (при диплоспории) или из клетки апоспорической инициали (при апоспории). Зародыш развивается партеногенетически из нередуцированной яйцеклетки, в то время как эндосперм формируется либо автономно, либо путем оплодотворения центральной клетки (в случае псевдогамии). Зрелое апомиктное семя содержит зародыш с относительным уровнем пloidности $2n$, в то время как эндосперм может быть различной степени пloidности, но, как правило, не менее чем $4n$.

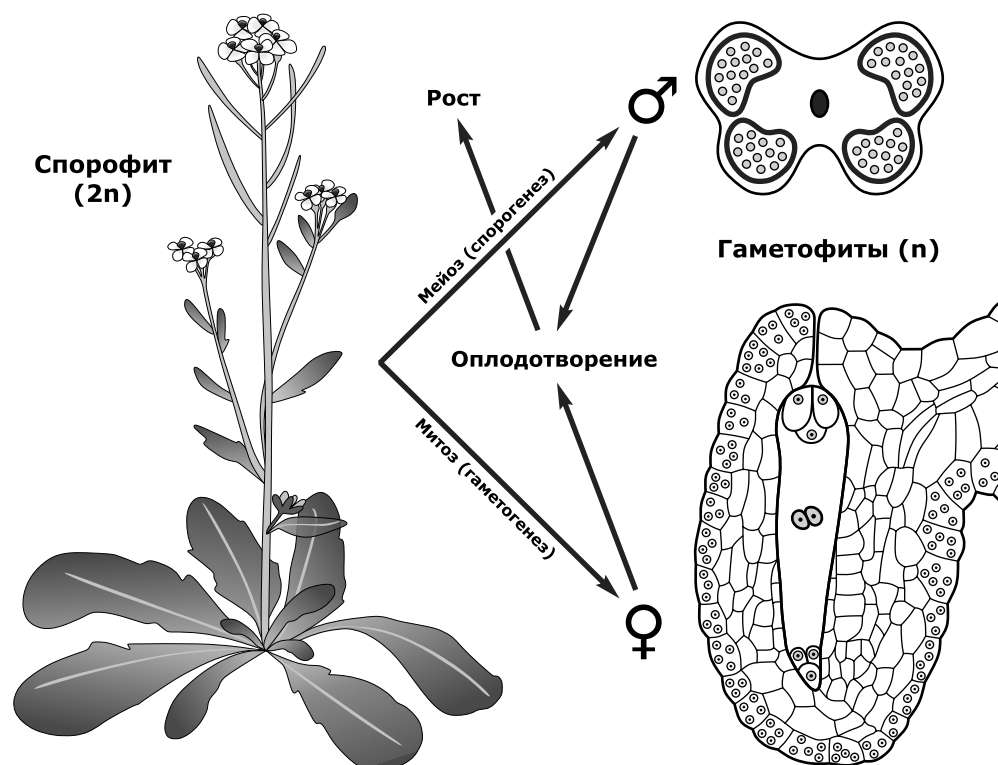


Рис. 2. Чередование поколений спорофита и гаметофита

У покрытосеменных спорофит обычно является наиболее заметной формой существования растения, при этом спорофитные клетки имеют двойной набор хромосом (2n). В спорофитных тканях семязачатков и пыльников, расположенных в цветке, происходят мейотические деления, в результате чего в нуцеллусе образуются мегаспороциты, а в пыльниках микроспороциты, которые образуют женские (зародышевые мешки) и мужские (пыльца) гаметофиты, соответственно. Мужские и женские гаметофиты представляют собой гаплоидные поколения; их клетки содержат один набор хромосом (n). Мужские и женские гаметофиты производят мужские (спермии) и женские (яйцеклетки) гаметы. В результате двойного оплодотворения, пыльцевая трубка проникает в зародышевый мешок, один спермий оплодотворяет гаплоидную яйцеклетку, а второй спермий оплодотворяет диплоидную центральную клетку. Оплодотворение инициирует развитие семян. Вновь сформированный зародыш представляет собой новый спорофит, который образует новое растение, производящее споры. Продольный срез пыльника, содержащего пыльцевые зерна (мужские гаметофиты) и продольный срез зародышевого мешка (женский гаметофит) показано справа.

Список литературы

1. Nogler G. A. Gametophytic Apomixis. // Embryology of Angiosperms (B. M. Ed.) Johry. — Berlin: Springer Verlag, 1984. p. 476–518.
2. Carman J. G. Gametophytic angiosperm apomicts and the occurrence of polyspory and polyembryony among their relatives. // Apomixis Newsletter. 1995. 8: 39–53.
3. Carman J. G. Asynchronous expression of duplicate genes in angiosperms may cause apomixis, bispority, tetraspority, and polyembryony. // Bio I. J. Linn. Soc. 1997. 61: 51–94.
4. Hojsgaard D., Klatt S., Baier R., Carman J. G., Hörandl E. Taxonomy and Biogeography of Apomixis in Angiosperms and Associated Biodiversity Characteristics. // CRC Crit Rev Plant Sci. 2014. 33(5):414–427.
5. van Dijk, P., Vijverberg K. The significance of apomixis in the evolution of the angiosperms: a reappraisal. // in *Plant Species-Level Systematics: New Perspectives on Pattern and Process*, (F. Bakker, L. Chatrou, B. Gravendeel, and P. Pelsers Eds), Gantner Verlag, Ruggell, Liechtenstein. 2005. p. 101–116.
6. Hand M. L., Vít P., Krahulcová A., Johnson S. D., Oelkers K., Siddons H., Chrtek J. JR, Fehrer J., Koltunow A. M. Evolution of apomixis loci in *Pilosella* and *Hieracium* (*Asteraceae*) inferred from the conservation of apomixis-linked markers in natural and experimental populations. // Heredity (Edinb). 2015. 114(1): 17–26.
7. Koltunow A. M. Apomixis: embryo sacs and embryos formed without meiosis or fertilization in ovules. // Plant Cell. 1993. 5: 1425–1437.
8. Grossniklaus U., Vieliecaizada J.-P., Hoepfner M., Gogiiiono W. Maternal control of embryogenesis by *MEDEA*, a Polycomb group gene in *Arabidopsis*. // Science. 1998. 280: 446–50.
9. Grossniklaus U. Moore J. M., Brukhin V., Gheyselinck J., Baskar R., Vielle-Calzada J.-P., Baroux C., Page D. R., Spillane C. Engineering of apomixis in crop plants: what can we learn from sexual model systems. // *Plant Biotechnology 2002 & Beyond*, Kluwer Academic Publishers: Dordrecht (Ed Vasil IK), 2003. p 309–314.
10. Grossniklaus U. From sexuality to apomixis: Molecular and genetic approaches. // *The Flowering of Apomixis: From Mechanisms to Genetic Engineering*, (Eds Y. Savidan, J. G. Carman, and T. Dresselhaus) (Mexico, D. F.: CIMMYT, IRD, European Commission DG VI), 2001. p. 168–211.
11. Jefferson R. A. Apomixis: A social revolution for agriculture? // *Biotechnology and Development Monitor*, 1994. 19.
12. Toennissen G. Feeding the world in the 21 st century // *The Flowering of Apomixis: From Mechanisms to Genetic Engineering*. European Commission DG. 2001. VI: 1–7.
13. Savidan Y. Apomixis: Genetics and Breeding // *Plant Breeding Reviews* (J. Janick Ed). Wiley, New York. 2000. p. 13–86.

14. Bicknell R. A., Koltunow A. M. Understanding apomixis: recent advances and remaining conundrums. // *Plant Cell*. 2004. 6 Suppl: S228–45.
15. Koltunow, A. M., Grossniklaus U. Apomixis: a developmental perspective.// *Annu. Rev. Plant Biol.* 2003. 54: 547–574.
16. Rodriguez-Leal D., Vielle-Calzada J.-P. Regulation of apomixis: learning from sexual experience.// *Curr Opin Plant Biol.* 2012.15(5): 549–55.
17. Hand M. L., Koltunow A. M. The genetic control of apomixis: asexual seed formation. // *Genetics*. 2014. 197 (2): 441–50.

Изучение генетической гетерогенности гигантских борщевиков в инвазивных популяциях на востоке Витебской области

Высоцкий Ю. И., Колмаков П. Ю.

Витебский государственный университет имени П. М. Машерова

Резюме. В публикации изложены первые результаты молекулярно-генетического изучения инвазивных популяций гигантских борщевиков в восточной части Витебской области. Для 16 разных морфологических форм получены были электрофореграммы, формирующие RAPD-профили. С помощью полнозвеньевой группировки получена дендрограмма, которая отражает гетерогенность поступивших образцов борщевиков. Анализ максимальных расстояний между объектами четко показал три группы исследованных объектов. Проводилась ПЦР ампликонов с использованием праймеров ITS1/ITS4, но виды борщевика по данному региону рДНК неразличимы. Потом был выбран другой маркерный регион рДНК: межгенный спейсер IGS. По данному ДНК-маркеру виды борщевика достоверно различимы. Сиквенс *Heracleum sosnowskyi* по видоспецифическому региону IGS отсутствует в международном геномном банке NCBI.

The study of the genetic heterogeneity of *Heracleum* giant (Hogweed giant) in invasive populations in the east of the Vitebsk region. Vysotskiy Yu. I., Kolmakov P. Yu. **Summary.** The publication contains the first results of molecular genetic studies of invasive populations of giant hogweeds in the eastern part of the Vitebsk region. Electrophoregrams, that form RAPD — profiles, have been obtained for 16 different morphological forms. A dendrogram, representing the heterogeneity of received samples of giant hogweeds, has been derived with the help of the full-length grouping. The analysis of maximum distances between objects clearly specified three groups of investigated objects. PCR (polymerase chain reaction) of amplicons was performed using primers ITS1 / ITS4, but the species of the hogweed (*Heracleum*) in this rDNA region are indistinguishable. A different marker region of rDNA was selected: an IGS intergenic spacer. Under this DNA — marker, the species of hogweed (*Heracleum*) is definitely distinguishable.

The sequence of *Heracleum sosnowskyi* according to the species-specific IGS region is absent in the international NCBI genetic bank.

В естественных условиях *Heracleum sosnowskyi* произрастает только на территории Кавказа и является эндемичным видом флоры этого региона. В 70–80 годы XX века несколько видов были введены в агрокультуру как новые кормовые растения [1].

Молекулярно-генетические исследования инвазивных видов рода *Heracleum* в Европе с использованием метода AFLP подтвердили наличие вида *Heracleum sosnowskyi* в Бельгии, Дании и Польше, а инвазионные популяции *Heracleum sosnowskyi* обнаружили отчетливые отличия от природных кавказских [2,3,4].

Сильно различаются экологические предпочтения европейских и кавказских популяций *Heracleum sosnowskyi*. На Кавказе этот вид произрастает в лесу и на полянах, европейский предпочитает открытые места с плодородной почвой.

В Беларуси более 20 лет испытывалось 26 видов рода *Heracleum*. По причине большого внутривидового разнообразия и способности создавать спонтанные межвидовые гибриды, се-

годня нет точных сведений по видовому составу натурализовавшихся популяций видов рода *Heracleum*. В популяциях видов рода *Heracleum* могут присутствовать: Борщевик Лемана, Борщевик шероховато-окаймленный, Борщевик Персидский и Борщевик Мантегацци, который наиболее распространён в европейских странах [5,6].

В Беларуси, России, Литве начаты научные работы по поиску эффективных современных методов по четкой идентификации видов с использованием современных методов исследований. В настоящее время наибольшую популярность в идентификации образцов морфологически трудно различимых видов приобретают методы молекулярных исследований, основанных на реакции амплификации и секвенирования. В молекулярных методах исследований, в идентификации биоматериала, важно правильно выбрать внутренние транскрибируемые спейсеры, по которым можно было бы выполнить идентификацию. В ряде публикаций представлены попытки использовать для сравнения транскрибируемые спейсеры ITS региона ядерной рибосомальной ДНК. Существуют данные об использовании для сравнения стабильные интронные участки пластидной ДНК [7].

Использование молекулярных методов исследований позволит предложить альтернативную классификацию видового состава рода *Heracleum* классификации Drude [8].

В результате экспериментов с образцами *Heracleum sp.*, отобранных из Витебского, Ушачского, Дубровенского, Сенненского районов Витебской области, были получены электрофореграммы, формирующие RAPD-профили. Для того, чтобы иметь достаточно данных об уровне вариации RAPD-паттернов было заложено ряд экспериментов с несколькими повторностями каждого образца, для того чтобы выявить уникальный ДНК-фингерпринт, набор вариабельных полос электрофореграмм, полученных в результате RAPD [9].

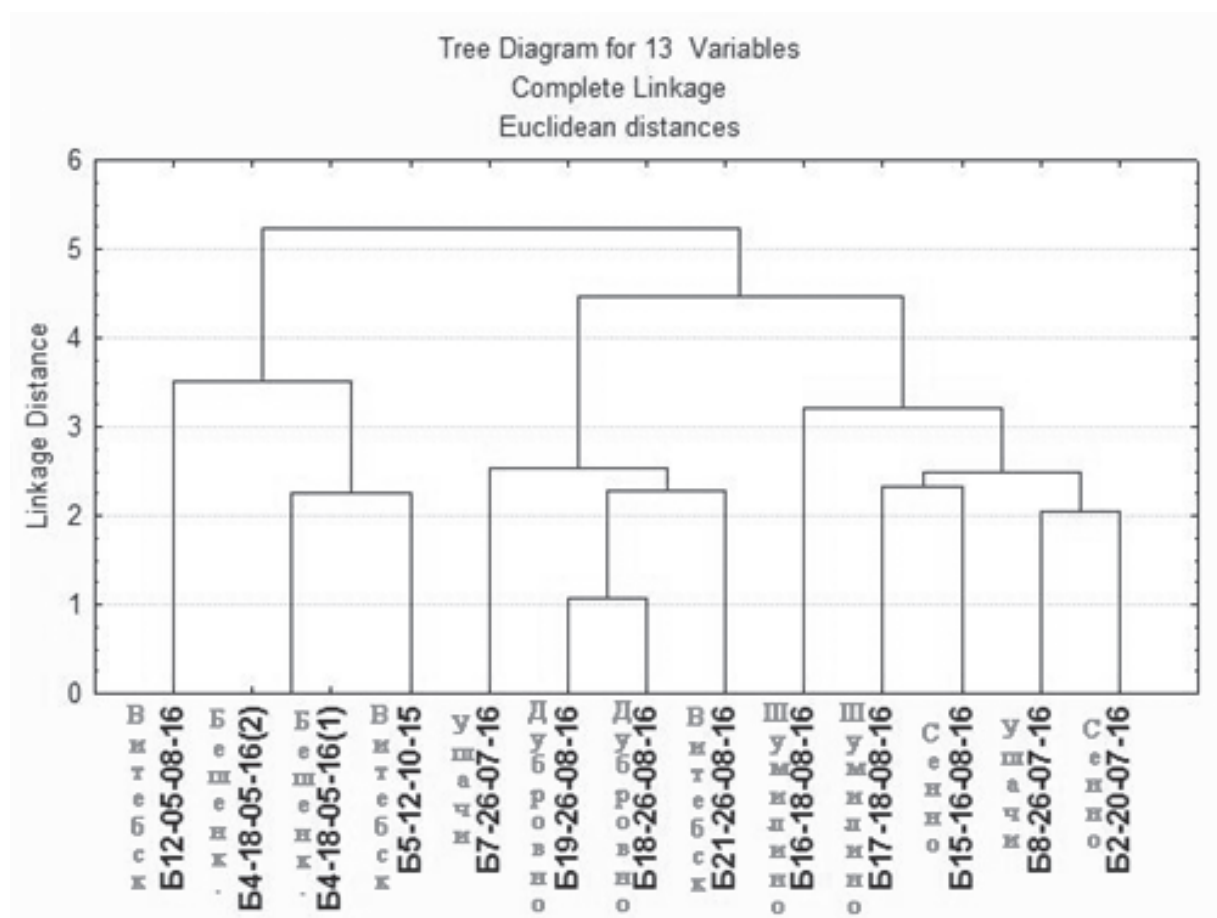


Рис. 1. Дендрограмма генетической гетерогенности образцов *Heracleum sp.*

Было обнаружено генетическое разнообразие среди борщевиков, произрастающих в пределах Витебской области. На рис. 1 представлена дендрограмма генетической гетерогенности исследуемых образцов *Heracleum sp.*

При анализе материала, полученного при RAPD маркировании, был использован индекс подобия — квадрат евклидова расстояния. С помощью полнозвеньевой группировки получена дендрограмма, которая отражает гетерогенность поступивших образцов борщевиков. Анализ максимальных расстояний между объектами четко показал три группы исследованных объектов [10].

На определенном этапе исследования проводилась ПЦР двух образцов ампликонов из Ушачского района Витебской области с использованием праймеров ITS1/ITS4 (регион рДНК, включающий внутри транскрибируемые спейсеры, характеризующиеся полиморфизмом между видами). Однако согласно данным генного банка NCBI (Национальный центр биотехнологической информации, США) [11], виды борщевика по данному региону рДНК неразличимы. В связи с этим был выбран другой маркерный регион рДНК: межгенный спейсер IGS. По данному ДНК-маркеру виды борщевика достоверно различимы. В ходе ПЦР фрагмента межгенного спейсера IGS отмечалась положительная амплификация.

Сиквенс *Heracleum sosnowskyi* по видоспецифическому региону IGS отсутствует в международном генном банке NCBI (Национальный центр биотехнологической информации, США), поэтому удалось выявить только ближайшие родственные виды рода *Heracleum*:

99% сходства по исследованному IGS региону рДНК с *Heracleum mantegazzianum* и *Heracleum phlagonicum*, но не является одним из них. 96% сходства по исследованному региону рДНК: *Heracleum yunggingense*, *Heracleum franchetii*, *Heracleum wenchuanense*, *Heracleum hemsleyanum*, *Heracleum vicinum*, *Heracleum souliei*.

Выражаем благодарность за помощь в постановке эксперимента сотрудникам ГНУ «Институт леса» Национальной академии наук Беларуси, заведующему лабораторией генетики и биотехнологии, доктору биологических наук, член-корреспонденту НАН Беларуси Падутову В. Е. и ведущему научному сотруднику лаборатории генетики и биотехнологии, кандидату биологических наук, доценту Баранову О. Ю.

Список литературы

1. Кудинов М. А., Касач А. Е., Чекалинская И. И., Черник В. В., Чурилов А. К. Интродукция борщевиков в Белоруссии. Минск, Наука и техника, 1980, 200 с.
2. Виноградова, Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Черная книга флоры Средней России (Чужеродные виды растений в экосистемах Средней России). Москва, ГЕОС, 2009. 494 с.
3. Jahodova, Š., Trybush S., Pysek P., Wade M., Karp. A. Invasive species of *Heracleum* in Europe: an insight into genetic relationships and invasion history. *Divers. Distrib.*, 2007, Vol. 13, № 1., P. 99–114.
4. Pysek P., Cock M. J. W., Nentwig W., Ravn H. P. Ecology and management of giant hohweed (*Heracleum mantegazzianum*). Wallingford, CABI Publ., 2007. 352 p.
5. Ламан Н. А., Прохоров В. Н., Масловский О. М. Гигантские борщевики — опасные инвазивные виды для природных комплексов и населения Беларуси. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, 2009. 40 с.
6. Meltem Maras An ITS DNA Sequence-Based Phylogenetic Study of Some *Heracleum* L. (Umbelliferae) Species From Turkey's Partial Flora. *Türk Biyokimya Dergisi*, 2008, 33 (4), 163–168.
7. Stephen R. Downie., Seemanti Ramanath., Deborah S., Katz-Downie., and Esmeralda Llanas Molecular systematics of Apiaceae subfamily Apioideae: phylogenetic analyses of nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacer and plastid *rpoC1* intron sequences. *American Journal of Botany*, 1998, 85 (4), 563–591.
8. Drude C. G. O. Umbelliferae, In Engler A., Prantl K. Die natürlichen Pflanzenfamilien, vol. 3 (8)? 63–250.

9. Колмаков П. Ю., Высоцкий Ю. И., Мержвинский Л. М. Использование RAPD-маркирования для анализа генетической гетерогенности *Heracleum sp.* в Белорусском Поозерье. Экологическая культура и охрана окружающей среды: II дорофеевские чтения. Материалы международной научно-практической конференции. Витебск, 29–30 ноября 2016, 49–51.
10. Колмаков П. Ю., Высоцкий Ю. И., Бавтуто А. В., Кисова А. С. Экстракция ДНК и выявление полиморфизма *Heracleum sp.* с помощью RAPD-диагностики. Наука — образованию, производству, экономике. Витебск, ВГУ имени П. М. Машерова, Т. 1, 2017. 72–73.
11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>

Подбор и дизайн мишень в 5'UTR области гена DYAD для CRISPR/Cas9 геномного конструирования апомейоза у арабидопсиса

Герашченков Г. А., Рожнова Н. А.

Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия, apomixis@anrb.ru

Резюме. Исследование молекулярных механизмов функционирования апомиксиса преследует главную мечту селекционеров — использовать апомиксис для закрепления гетерозиса в селекции важнейших сельскохозяйственных культур. Работа посвящена созданию генно-инженерных конструкций для CRISPR/Cas9 редактирования гена DYAD, вовлеченного в формирование синаптомемального комплекса в мейозе. Нами использован вновь созданный экспрессирующийся вектор pKAMA-ITACHI Red (pKIR). В работе выполнен подбор геномной мишени для введения мутаций (последовательности 20 п. н.). Осуществлен дизайн одноцепочечной гидРНК. Осуществлена сборка Cas9/sgRNA экспрессионной кассеты.

Selection and design a target in 5'UTR of area of DYAD gene for CRISPR/Cas9 of genomic engineering of apomeiosis at arabidopsis. Gerashchenkov G. A., Rozhnova N. A. **Summary.** The research of molecular mechanisms of apomixis pursues the main dream of selectors is to use apomixis for fixing of a heterothis in selection of the major crops. Work is devoted to creation of genetically engineered designs for CRISPR/Cas9 at editing of DYAD gene involved in formation of a sinaptonemal complex in meiosis. We have used the expression vector of pKAMA-ITACHI Red (pKIR). In work the selection of a genomic target for introduction of mutations (the sequence of 20 nucleotides) is executed. The design one-chained guideRNA is carried out. Assembly of Cas9/sgRNA of the expression cassette is carried out.

Гаметофитный апомиксис (от греч. apo без + mixis смешение) — это бесполо-семенное размножение цветковых растений в отличие от полового размножения семенами, или амфимиксиса (от греч. amphi с обеих сторон + mixis смешение) (Хохлов 1967; Петров 1988; Gerashchenkov, Rozhnova 2004; Barcaccia and Albertini 2013). У апомиктов полностью или частично нарушен нормальный ход мейоза, в итоге в потомстве не происходит генетического расщепления признаков в соответствии с законами Менделя. Апомиксис известен среди более чем 400 видов из 120 родов 40 растительных семейств. Особенно часто апомиксис встречается у представителей семейств Asteraceae, Poaceae, Rosaceae, Rutaceae. В целом апомикты имеют явные черты эволюционного превосходства в сравнении с амфимиктами.

К сожалению, апомиксис редок среди сельскохозяйственных видов, за исключением Citrus и Malus, также некоторых многолетних трав, таких как Poa и Panicum, в связи с отсутствием длительного искусственного отбора по данному признаку. Понимание молекулярных механизмов наследования апомиксиса является важной предпосылкой для успешного использования его потенциала у сельскохозяйственных растений. Практический аспект связан с созданием биотехнологий нового поколения, таких как, закрепление гетерозиса, упрощение схем семеноводства особенно при создании суперэлит сложных гибридов и т. д.,

поскольку в ряду поколений будет отсутствовать расщепление селекционно-ценных признаков. Апомиксис представляет огромный интерес для биотехнологий нового поколения, направленных на закрепление гетерозиса, упрощение семеноводства и т. д. Только экономический эффект в семеноводстве апомиксичного риса оценивается более чем в \$2.5 млрд. (Barcaccia and Albertini 2013).

Надежда на быстрое выделение генов апомиксиса методами молекулярной биологии и молекулярной генетики себя не оправдала (Gerashchenkov and Rozhnova 2004; Геращенко и др. 2016). Таким образом, на сегодняшний день перед исследователями апомиксиса стоит проблема получения мутантов с высокой частотой фенотипического проявления признака апомейоза. Уникальной возможностью для возможного прорыва в этой области исследований стало широкое применение технологии CRISPR/Cas9 (Tsutsui H., Higashiyama T. 2017). С начала первой публикации, сообщившей о геномном редактировании у растений, используя CRISPR/Cas9 систему 2013, эта технология была использована у многих растительных видов.

Цель работы проекта — создание генно-инженерной конструкции для конструирования апомейоза, ключевого элемента апомиксиса, за счет мутаций в 5'UTR области гена DYAD. В качестве рабочей гипотезы рассматриваем возможность переключения программы амфимиксичного размножения на апомиксис при участии гена DYAD как одного из ключевых компонентов спорогенеза, дерегуляция которого методом CRISPR/Cas9 геномного редактирования, позволит получить мутантные формы с высокой пенетрантностью этого признака. В связи с этой целью перед нами стояли следующие задачи: (1) подобрать мишень в 5'UTR области гена DYAD; (2) построить экспрессирующийся вектор на основе исходного высокоэффективного CRISPR/Cas9 вектора для *Arabidopsis thaliana*, pKAMA-ITACHI Red (pKIR).

Методы исследования. В нашем проекте мы предполагаем использовать одну из перспективных стратегий — CRISPR/Cas9 систему — эффективную геном редактирующую платформу для различных эукариотических видов, включая растения. Для клонирования были использованы стандартные методы молекулярной биологии (Green M R, Sambrook 2012) создание плазмидных конструкций выполняли на основе бинарного вектора для генетической трансформации растений pKAMA-ITACHI Red (pKIR) (Tsutsui and Higashiyama 2016).

Результат и обсуждения

1. Выполнен подбор геномной мишени для введения мутаций (последовательности 20 п. н.). Осуществлен дизайн одноцепочечной гидРНК. Для минимизации ложно целевых вариантов были использованы он-лайн биоинформационные ресурсы, такие как CRISPR-ERA, CRISPR-P, CRISPR design, CHOCOP, DESKGEN, Cas-OFFinder и др.
2. Осуществлена сборка Cas9/sgRNA экспрессионной кассеты. Для увеличения специфичности CRISPR/Cas9 редактирования конструкция собрана на основе исходного вектора для *Arabidopsis thaliana*, pKAMA-ITACHI Red (pKIR).

Во Франции группе проф. Р. Мерсиера удалось в лабораторных условиях создать генотип MiMe арабидопсиса, для которого мейоз всецело замещен митозом за счет комбинации трех различных генов, вовлеченных в мейоз (d'Erfurth et al 2009). Одновременная супрессия генов OSD1/TAM, At-Spo11-1 и Atrec8 приводит к формированию мужских и женских гамет. При этом искусственные мутанты MiMe только проявляют признак апомейоза (первого из элементов апомиксичной триады) и не способны к партеногенезу. Таким образом, они производят потомство с удвоенным набором хромосом. Появление технологии CRISPR/Cas9 революционизировало геномное редактирование благодаря специфичности, простоте и универсальности. Интересно, что в базе данных WoS технология CRISPR в апомиксичных исследованиях не употребляется, что указывает на актуальность проводимых исследований. Таким образом, выбранное нами направление актуально, а полученные результаты дают возможность для получения мутантных растений арабидопсиса с высокой экспрессивностью апомейоза. Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ_Поволжье (проекты 17-04-020667 и 17-04-02612).

Список литературы

1. Хохлов С. С. Apomixis: classification and distribution at angiosperm plants. // Успехи современной генетики. 1967. № 1. С. 43–105.
2. Петров Д. Ф. Апомиксис в природе и опыте. Новосибирск: Наука. 1988. 216С. Gerashchenkov G., Rozhnova N. Genetic control of gametophytic apomixis: current status of knowledge // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. 2004. Section B. V. 58, N 5/6. P. 167–174.
3. Barcaccia G., Albertini E. Apomixis in plant reproduction: a novel perspective on an old dilemma // Plant Reprod. 2013. V. 26. P. 159–179.
4. Геращенко Г. А., Ясыбаева Г. Р., Рожнова Н. А., Чемерис А. В. Механизмы геномного импринтинга у цветковых растений // Известия Уфимского научного центра РАН. 2016. № 3. С. 42–52
5. Tsutsui H., Higashiyama T. pKAMA-ITACHI Vectors for Highly Efficient CRISPR/Cas9-Mediated Gene Knockout in *Arabidopsis thaliana* // Plant Cell Physiol. 2017. V. 58, N. 1. P. 46–56.
6. Green M R, Sambrook J (2012) Molecular Cloning: A Laboratory Manual (Fourth Edition): Three-volume set. Cold Spring Harbor, N. Y.: Cold Spring Harbor Laboratory Press. 2028P.
7. D'Erfurth I, Jolivet S, Froger N, Catrice O, Novatchkova M, Mercier R. Turning meiosis into mitosis. *PLoS Biol* 2009; 7:e1000124.

Создание и молекулярно-генетическая характеристика нового генофонда ржи и ржано-пшеничных амфидиплоидов секалотритикум

Гордей И. А., Люсиков О. М., Гордей И. С., Шимко В. Е.

Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь, I.Gordej@igc.by

Резюме. Представлены результаты исследований по созданию и молекулярно-генетической характеристике нового генофонда сортов, самофертильных линий и гетерозисных гибридов озимой ржи, их высокоэффективной зиготической аутополиплоидизации закисью азота (N_2O) в качестве исходного материала в инновационных подходах к получению качественно нового генофонда гетероплазматических гексаплоидных тритикале (ржано-пшеничные амфидиплоиды с цитоплазмой ржи — секалотритикум) и форм тетраплоидной ржи с межвидовыми интрогрессиями (включением генетического материала пшеницы).

Obtaining and molecular-genetic characteristics of the new genofund of rye and rye-wheat amphidiploids secalotriticum. Gordei I. A., Lyusikov O. M., Gordei I. S., Shimko V. E. **Summary.** The results of the highly effective zygotic autopolyploidization by the nitrous oxide (N_2O) and molecular-genetic characteristics of the new genofund of cultivars, self-fertile lines and heterozygous hybrids of winter rye as an initial material in innovative approaches to obtain a qualitatively new heteroplasmic hexaploid triticale genofund (rye-wheat amphidiploids with rye cytoplasm — secalotriticum) and tetraploid rye forms with interspecies introgressions (including wheat genetic material) are presented.

Культурная рожь (*Secale cereale* L.) и ее аллополиплоидные гибриды с пшеницей (*Triticosecale derzhavinii* Kurk. et Filat. ssp. *triticales* Tscherm., ^TAABBRR, 2 n=6 x=42) занимают в Беларуси 800 000 га, составляя 60% площадей посевов озимых зерновых злаков. Рожь в равной мере представлена диплоидными (RR, 2 n=14) и тетраплоидными (RRRR, 2 n=4 x=28) сортами, около 1% составляют гибридные сорта F_1 . Доля посевов гексаплоидных тритикале устойчиво растет, превышая в настоящее время 500 000 га.

Сохранение, расширение, изучение и эффективное использование биологического разнообразия, создание качественно нового генофонда исходного материала — глобальная проблема современной генетики и селекции растений. Наряду с повышением селекционных характеристик, она составляет основу для создания продуктивных и устойчивых сортов, рекомбинантных, гетерозисных и аллополиплоидных гибридов.

Для решения этой проблемы первостепенное значение имеют межвидовые интрогрессии и дубликации геномов (генов), как важнейшие факторы формо — и видообразования в эволюции растений. Интрогрессии и дубликации на уровне целых геномов широко распространены у злаков. Об этом свидетельствуют естественные аллополиплоидные ряды у пшеницы, овса, ячменя, экспериментально созданная полиплоидная рожь. Современные данные геномики вскрыли широкое участие дубликаций, транслокаций и интрогрессий целых структурно-функциональных блоков генетического материала. Однако классическая генетика и молекулярно-генетическая

инженерия недостаточно используют эволюционный потенциал этих факторов в практической селекции. Разработка методологии межвидовых интрогрессий, дупликаций геномов, рекомбинаций хромосом в сочетании с поэтапным ДНК-маркированием гибридного материала имеют важнейшее значение для расширения и обогащения селекционного материала.

В лаборатории цитогеномики растений института генетики и цитологии НАН Беларуси проводятся исследования по созданию качественно нового генофонда самофертильных, полиплоидных, форм ржи с интрогрессией генетического материала пшеницы, ржано-пшеничных амфидиплоидов с цитоплазмой ржи (секалотритикум).

Самофертильные линии диплоидной ржи создавали на основе скрещиваний перспективных сортов с источником генов самофертильности (sf). Для выделения самосовместимых мужски стерильных (МС) и самофертильных (СФ) линий проведена идентификация S(1R), Z(2R), T(5R) — локусов с помощью молекулярных SSR-маркеров (SCM9, SCM39, SCM138), R1-R2, и STS-маркеров, связанных с различными биохимическими признаками. Выявлена гетерогенность изучаемых образцов ржи по анализируемым STS-маркерам. Выявленный полиморфизм анализируемых маркеров подтверждает многоаллельность S и Z локусов несовместимости озимой ржи, и связан как с различным генетическим происхождением исследуемых форм, так и с перекрестным способом опыления растений. Сравнительный анализ гибридов F₁, полученных с использованием МС-линий на основе ЦМС Р — и G-типов и СФ — линий озимой ржи позволил выявить различия гибридных форм по признакам зерновой продуктивности растений. Показано снижение озерненности на 31% у гибридов F₁ на основе ЦМС Р — типа, что связано с более сложным контролем Р-ЦМС ядерных генов и выраженными нарушениями в митохондриальном геноме. Гибриды F₁, полученные на основе МС-форм G типа превышали гибриды на основе ЦМС Р-типа по массе зерна с колоса в среднем в 1,6 раза. Проведенные исследования позволили выявить генотипическую специфичность ядерно-цитоплазматических взаимодействий генетических систем ЦМС (Ms) и самофертильности (Sf) у озимой ржи при формировании гетерозисных гибридов, что будет способствовать целенаправленному созданию высокопродуктивных гетерозисных гибридов.

Для создания нового генофонда тетраплоидной ржи использовали современные высокопродуктивные диплоидные сорта, созданные нами СФ-линии и гибриды. Дупликацию генома ржи осуществляли с использованием метода зиготической аутополиплоидизации (первое деление зиготы) закисью азота (N₂O) [1]. Выход тетраплоидов составил в среднем 43,5%, до 85,7% в зависимости от генотипической специфичности сорта. Отличительной особенностью метода, помимо высокой эффективности, является низкий уровень анеуплоидии, не превышающий 10%, который, например, при колхицинировании составляет около 25%. С использованием метода дупликации (полиплоидизации) генома закисью азота (N₂O) в зиготе осуществлен перевод на тетраплоидный уровень современных сортов (Алькора, Юбилейная, Зарница и др.) и гибридов (F₁ Плиса, F₁ Валдай x Каупо) озимой диплоидной ржи. Созданный материал передан в селекционный процесс, а также использован для создания нового генофонда гетероплазматических тритикале.

Нами разработаны оригинальные методы синтеза нового типа ржано-пшеничных амфидиплоидов с цитоплазмой ржи — секалотритикум (*Triticosecale derzhavini* Kurk. et Filat. ssp. *secalotricum* Rozenst., et Mittelst., ^sRRAABB, 2n=6x=42) [2] и тетраплоидных форм ржи с интрогрессией генетического материала пшеницы [3, 4] (R'RRR, 2n=4x=28) на основе утилизации частично нередуцированных 21-хромосомных RAB-гамет ржано-тритикальных пентаплоидных гибридов F₁ (^sRRABR', 5x=35) при беккроссе на гексаплоидные тритикале и тетраплоидную рожь соответственно (рисунок).

Синтез секалотритикум является инновационным подходом к проблеме достижения сбалансированной экспрессии генетических систем исходных видов в условиях цитоплазмы ржаного типа, расширения биоразнообразия и обогащения генофонда исходного материала гексаплоидных тритикале на основе включения генетического потенциала современных высококачественных сортов тетраплоидной ржи и ее цитоплазматических геномов.

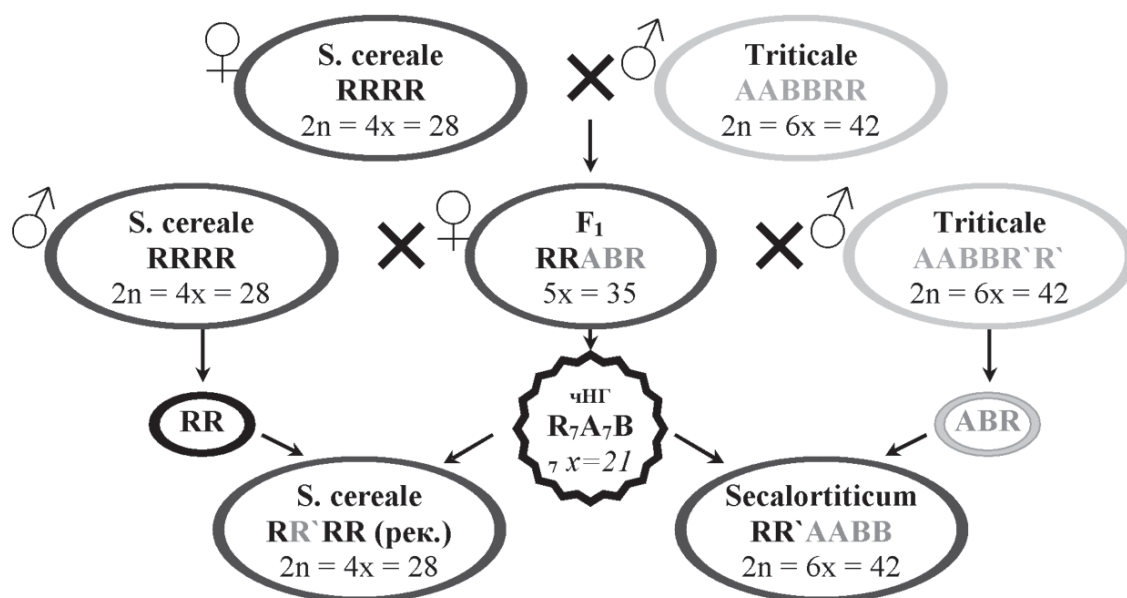


Рис. Схема создания ржано-пшеничных амфидиплоидов секалотритикум и тетраплоидной ржи с интрогрессией генетического материала пшеницы

Секалотритикум идентифицировали в популяциях ржано-пшеничных амфиплоидов F_1BC_1 ($^S/RABR\{RAB\}$, $5x - 7x = 35 - 49$), полученных от беккросса частично фертильных ржано-тритикальных пентаплоидных гибридов F_1 ($^S/RRABR$, $5x = 35$) на гексаплоидные тритикале, которые выступали в качестве вида-посредника (bridge species) — источника геномов пшеницы и ингибитора S-PHK-аз ржи, что позволило преодолеть одностороннюю прогамную несовместимость ржи с пшеницей.

Основой рекомбинационного потенциала секалотритикум является максимальное сохранение генотипической специфичности гибридов F_1 и гетерогенности геномов ржи различного происхождения при однократном беккроссе. С плазмоном ржи связаны признаки болезнестойчивости, зимостойкости, адаптивной реакции растений на воздействие биотических и абиотических факторов. Стабильность мейоза и генетическое разнообразие секалотритикум определяются типом цитоплазмы и цитогенетическими факторами, наследуемыми от генотипов ржано-тритикальных гибридов F_1 : преимущественно десинаптическое происхождение унивалентов, сохранение ими униполярной ориентации центромер и редукционное первое мейотическое деление, эквационное второе деление мейоза и регулярная полярная сегрегация хромосом. Секалотритикум имеют ряд качественных отличий от классических тритикале с пшеничным типом цитоплазмы (таблица). Созданные стабильные секалотритикум (более 60 линий) по продуктивности сравнимы или превосходят исходные тритикале, характеризуются сравнительно более широким диапазоном изменчивости и по некоторым признакам морфотипа ближе ко ржи. Рекомбинационная селекция секалотритикум наиболее эффективна в рамках подвида (*ssp. secalortriticum* Rozenst., et Mittelst., $^S/RRAABB$, $2n=6x=42$).

Геном ржи не содержит интрогрессий генетического материала пшеницы, хотя они представляют огромный интерес с точки зрения качественного расширения биологического разнообразия ржи, улучшения хлебопекарных свойств и снижения длины стебля. Предпринимаемые нами попытки получения межвидовых интрогрессий в геном тетраплоидной ржи на основе модифицированного в составе ядра тритикале R'-генома основаны на экспериментально установленной возможности утилизации жизнеспособных гамет ржано-тритикальных гибридов F_1 ($RRABR$, $5x=35$) при беккроссе не только на тритикале, но и на тетраплоидную рожь: в этом случае в формировании жизнеспособного потомства участвуют преимущественно 14–17-хромосомные гаметы ржано-тритикальных пентаплоидов [4, 5].

Генетические особенности гетероплазматических гексаплоидных тритикале

Положение в системе рода <i>Triticosecale</i> Wittmack	<i>sp. Triticosecale derzhavinii</i> Kurk. et Filat., 2 n=6 x=42	
	Тритикале <i>ssp. triticale</i> Tscherm., ^T /AABBRR, 2 n=6 x=42	Секалотритикум <i>ssp. secalotriticum</i> Rozenst. ^S /RRAABB, 2 n=6 x=42
Геномы пластид и митохондрий	Пшеничный плазмотип ^T /RRAABB	Ржаной плазмотип ^S /RRAABB
Базовый геном	AA-геном пшеницы	RR-геном ржи
Скрещиваемость, %	Triticale × Secalotriticum, 30%	Secalotriticum × Triticale, 50%
Факторы совместимости	Про — и постгамные факторы несовместимости пшеницы	Система пестичных РНК-аз ржи
Специфичность мейоза	Нестабильное деление хромосом ржи в условиях пшеничной цитоплазмы	Нормализация деления хромосом ржи в условиях ржаной цитоплазмы
Нарушения в мейозе	14,6%	9,4%
Нарушения в профазе	1–2 унивалента	1–2 открытых бивалента
Источник унивалентов	Асинапис в профазе	Десинапис в прометафазе
Деление унивалентов в AI	Эквационное деление и нарушения сегрегации	Редукционное деление, регулярная сегрегация
Элиминация генетического материала	Задержка хромосом в области цитокинеза, элиминация	Не характерно (<5%)
Тетрады с микроядрми	8,5%	4,2%
Стабилизации генома	~ F7–9	~ F5–7
Цитогенетический механизм стабилизации генома	Снижение частоты асинаптических унивалентов при длительной селекции	Цитогенетические факторы стабильности, наследуемые от ржано-тритикальных гибридов
Особенности экспрессии генов	Неполная экспрессия генома ржи	Более полная экспрессия генома ржи (ω2,3,4-секалины)
Репродуктивная изоляция	Тритикале и секалотритикум частично репродуктивно изолированы в рамках индивидуальных схем селекции	

Генофонд исходного материала ржи и ржано-пшеничных аллополиплоидов, включая созданные формы, маркировали по аллельному составу хозяйственно ценных генов короткостебельности (*Hl/Ddw1* у ржи, *Rht-B1* у тритикале и секалотритикум) и устойчивости к предуборочному прорастанию зерна (*Vp1B*) с оптимизацией условий ПЦР с праймерами, идентифицирующими данные гены, у ржи, тритикале и секалотритикум.

Список литературы

1. Белько Н. Б., Гордей И. С., Гордей И. А. Методические рекомендации по полиплоидизации (дубликации генома) ржи (*Secale cereale* L.) с использованием азота закиси (N_2O). Минск: Право и экономика, 2012, 28 с.
2. Гордей И. А., Белько Н. Б., Люсиков О. М. Секалотритикум (\times Secalotriticum): генетические основы создания и формирования генома. Минск: Бел. навука, 2011, 214 с.
3. Гордей И. А., Люсиков О. М., Белько Н. Б. Специфичность формирования и утилизации гамет при беккроссе ржано-тритикальных гибридов F_1 (RRABR, $5x = 35$). Материалы Международной научной конференции «Генетика и биотехнология на рубеже тысячелетий (к 45-летию основания Института генетики и цитологии НАН Беларуси)». Минск, 25–29 октября 2010 г., ИГЦ НАН Беларуси, с. 44.
4. Белько Н. Б., Гордей И. А., Гордей И. С. Способ получения формы ржи с интрогрессией генетического материала пшеницы: пат. 20798 Респ. Беларусь, МПК А 01Н 1/00 Афіцыйны бюл. Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці, 2017, № 1, с. 48.

Влияние генотипа и факторов культивирования на микроразмножение *in vitro* *Lavandula angustifolia* Mill.

Егорова Н. А.^{1,2}, Ставцева И. В.¹, Митрофанова И. В.²

¹ НИИ сельского хозяйства Крыма, г. Симферополь, Республика Крым, РФ,
yegorova.na@mail.ru

² Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН», г. Ялта,
Республика Крым, РФ

Резюме. Изучены особенности морфогенеза 12 сортов и образцов лаванды (*Lavandula angustifolia* Mill.) при размножении *in vitro*. Анализ развития меристемных культур в течение трех субкультивирований показал, что у большинства генотипов максимальные коэффициенты размножения были в 3-м пассаже. Однако у «Галлеи» и № 265–15 этот показатель был наибольшим во 2-м субкультивировании. Лучшей способностью к микроразмножению обладали сорт Синева и № 265–15, у которых коэффициенты размножения достигали 12,6 и 14,7 соответственно. Выявлено, что максимальные коэффициенты размножения при субкультивировании были при использовании в качестве эксплантов верхушки микропобега или микрочеренков с первой парой листьев.

Influence of genotype and cultivation factors on *in vitro* micropropagation of *Lavandula angustifolia* Mill. Yegorova N. A., Stavtzeva I. V., Mitrofanova I. V. **Summary.** The morphogenesis features of 12 cultivars and samples of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) during *in vitro* propagation were studied. Analysis of meristem cultures development during three subcultures have shown that for most genotypes the maximum multiplication index were in the 3rd passage. However, in 'Halley' and № 265–15 this index was largest in the 2nd subculture. The best ability for micropropagation had cultivar Sineva and № 265–15, with multiplication index up to 12.6 and 14.7, respectively. It was revealed that the maximum multiplication index during subculture were when as explants the shoot tips or microcuttings with the first pair of leaves were used.

Введение

Одним из важнейших выращиваемых на юге России эфиромасличных растений является лаванда узколистая (*Lavandula angustifolia* Mill.). Растительное сырье и эфирное масло этого вида активно используются в медицине, парфюмерно-косметической, фармацевтической, пищевой промышленности и других отраслях. Лаванда — декоративный, вечнозеленый, многолетний полукустарник, благодаря чему успешно применяется и для ландшафтного озеленения. Для повышения эффективности селекционной и семеноводческой работы с этим ценным растением необходимо внедрение биотехнологических приемов. В этом плане особенно актуальна разработка методов клонального микроразмножения, которые позволяют не только быстро размножить сорта и ценные генотипы, но и получать оздоровленный посадочный материал, создавать коллекции *in vitro* [1]. В литературе имеются сведения об отдельных аспектах микроразмножения у некоторых видов рода *Lavandula* [2–5]. Большинство таких работ посвящено оптимизации составов питательных сред для отдельных этапов микроразмножения *in vitro* при использовании в качестве эксплантов меристем или сегментов стебля. Однако многие вопро-

сы, связанные с влиянием лимитирующих факторов культивирования, изучены пока недостаточно. Помимо этого, необходимо учитывать высокую генетическую специфичность процессов морфогенеза *in vitro*, особенно при размножении новых генотипов [6]. В задачи данной работы входило изучение особенностей микроразмножения 12-ти сортов и образцов лаванды в культуре меристем *in vitro* в зависимости от количества субкультивирований и расположения экспланта на микропобеге.

Материалы и методы исследований

Материалом для исследований служили ткани и органы лаванды узколистной (*Lavandula angustifolia* Mill.) сортов Степная, Синева, Вдала, Ранняя, Рекорд, Зуйская, Волна, Крымчанка, Галлея и образцов регенерантов № 265–15, № 366–77, № 336–1. Донорные растения выращивали в полевых условиях Предгорной зоны Крыма (пос. Крымская Роза). В качестве исходных эксплантов использовали меристемы с одной парой листовых примордиев из пазушных почек растений. При введении *in vitro* эксплантов, субкультивировании, приготовлении питательных сред применяли традиционные для работ по культуре ткани методики. Меристемы и микрочеренки культивировали на ранее разработанных нами модификациях питательной среды МС для микроразмножения лаванды [7] при температуре 24°C, относительной влажности 70%, освещенности 2–3 клк с 16-часовым фотопериодом. В эксперименте по изучению влияния места взятия экспланта использовали микрочеренки (5–7 мм), выделенные из разных ярусов побегов, полученных на 2-м этапе микроразмножения. Субкультивирование меристемных культур проводили каждые 30–35 сут., а перед этим определяли длину и число побегов, количество узлов (пар листьев) на побеге, частоту множественного побегообразования и другие параметры. Коэффициент размножения рассчитывали как количество микрочеренков, которое можно получить за одно субкультивирование, для этого количество образующихся на экспланте побегов умножали на число узлов на побеге. Опыты проводили в 3-х кратной повторности, в каждом варианте анализировали 20 эксплантов. Экспериментальные данные обрабатывали с использованием пакета программ Microsoft Office (Excel 2003).

Результаты и их обсуждение

При введении в изолированную культуру меристем различных сортов и образцов *L. angustifolia* на питательную среду МС с добавлением 1,0 мг/л кинетина и 0,5 мг/л ГК₃ [7] наблюдали развитие основного побега и адвентивных. Количество побегов на этом этапе зависело от генотипа и варьировало от 1,9 ('Рекорд') до 4,3 шт./эксплант ('Галлея'). Следует отметить, что у сорта Галлея отмечали формирование до 30% оводненных микропобегов. При дальнейшем микроразмножении на втором этапе использовали микрочеренкование как основного, так и дополнительных побегов, которые развивались за счет индукции пазушных и адвентивных почек. Проведено изучение особенностей микроразмножения в течение трех последовательных субкультивирований, во время которых в качестве эксплантов использовали микрочеренки (сегменты стебля с одним узлом и парой листьев).

У всех изученных сортов и образцов отмечали множественное побегообразование с частотой от 35,8 до 100%, в зависимости от генотипа и количества субкультивирований. Остальные проанализированные морфометрические параметры (число и длина побегов, количество пар листьев на побеге) также существенно варьировали в зависимости от этих факторов. При этом различия между изученными генотипами на втором этапе микроразмножения проявились еще более отчетливо, особенно в первых пассажах. Так, после 2-го субкультивирования среднее число побегов варьировало от 2,1 (сорт Зуйская) до 4,9 шт./эксплант (№ 265–15). Максимальная средняя длина побега (20,5 мм) была отмечена у образца № 265–15, тогда как у 'Зуйской' формировались побеги длиной 9,6 мм. Следует отметить значительную вариабельность основного показателя на этом этапе размножения, коэффициента размножения (рисунок), который во 2-м субкультивировании варьировал от 2,7 ('Зуйская') до 14,7 (№ 265–15). В следующем, 3-м субкультивировании различия между генотипами были меньше, и коэффициент размножения из-

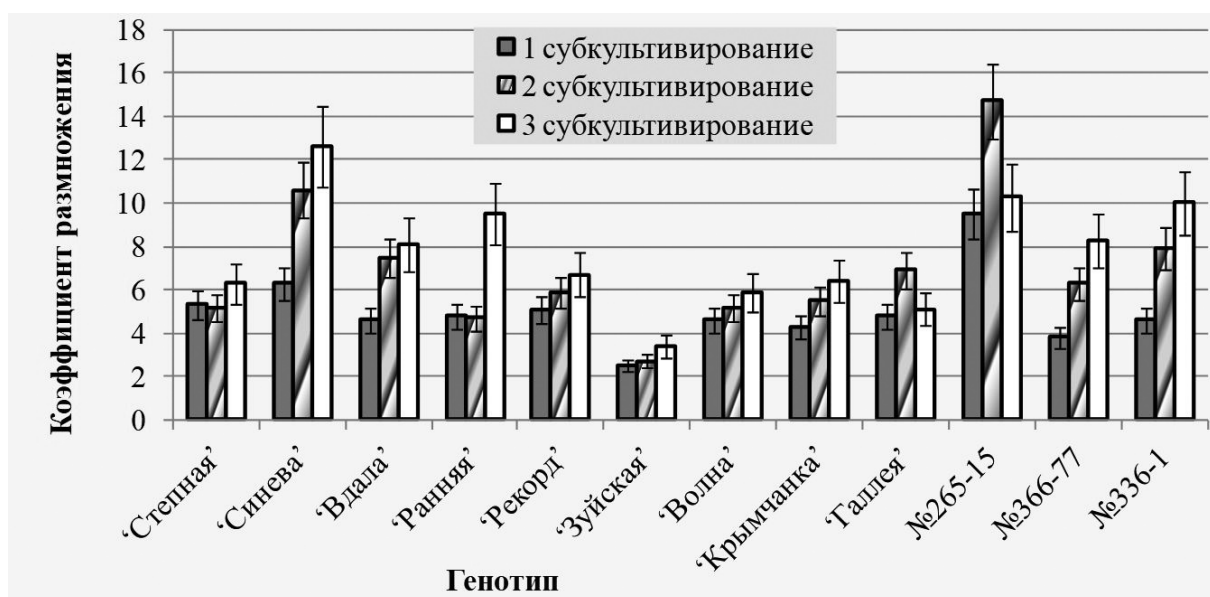


Рис. Влияние генотипа и количества субкультивирований на коэффициент размножения лаванды *in vitro*

менялся от 3,4 ('Зуйская') до 12,6 ('Синева'). Среди изученных генотипов лучшей способностью к размножению *in vitro* обладали сорт Синева и образец № 265–15.

При анализе влияния количества субкультивирований на микроразмножение лаванды было установлено, что коэффициент размножения во 2–3-м субкультивировании достоверно повышался по сравнению с первым (рисунок). У большинства генотипов максимальные значения коэффициента размножения были выявлены в 3-м пассаже. Наиболее значительное повышение этого показателя было отмечено у сортов Синева, Ранняя и № 336–1. Однако у некоторых генотипов этот показатель достигал максимума во 2-м пассаже, а в третьем — достоверно снижался, например, у № 265–15, 'Галлея'. По мере субкультивирования была отмечена тенденция увеличения числа побегов, их длины и количества пар листьев. Это свидетельствует о повышении эффективности микроразмножения сортов и образцов лаванды по мере их субкультивирования *in vitro* в течение 3-х пассажей. Для ряда сортов розы эфиромасличной также было показано повышение коэффициента размножения к третьему субкультивированию, а затем снижение этого показателя в ходе дальнейших 4–9-го пассажей [8]. В то же время у шалфея, герани и фенхеля значительных изменений этого показателя в первых субкультивированиях не наблюдали [9].

Одним из важных факторов культивирования является физиологическое состояние экспланта. На 2-м этапе для микроразмножения лаванды использовали сегменты стебля с узлом, вычлененные из микропобегов. Установлено, что на эффективность размножения *in vitro* оказывало влияние расположение микрочеренка на полученных в меристемной культуре побегах (табл.).

Влияние места взятия экспланта микрочеренка на микроразмножение лаванды сорта Синева в культуре *in vitro*

Место взятия экспланта	Число побегов, шт./ эксплант	Длина побега, мм	Число узлов, шт./побег	Коэффициент размножения
Верхушка	3,86±0,41	11,42±0,80	2,55±0,20	9,84±0,82
1 пара листьев	3,87±0,27	11,34±1,42	2,48±0,24	9,59±0,85
2 пара листьев	2,14±0,24	14,21±1,21	2,93±0,31	6,27±0,54
3 пара листьев	2,00±0,33	10,29±1,03	2,64±0,25	5,28±0,48
4–5 пара листьев	2,44±0,37	9,91±1,08	2,68±0,22	6,54±0,49
Нижняя пара листьев	3,15±0,26	10,61±1,01	2,51±0,20	7,91±0,81

При культивировании верхушки микропобега и микрочеренков с первой парой листьев развивалось наибольшее число побегов на эксплант и коэффициенты размножения были в 1,5–1,8 раз выше по сравнению с микрочеренками с 2–5-й парами листьев. При использовании микрочеренков из базальной части побега с нижней парой листьев коэффициент размножения несколько возростал, однако достоверно не отличался от микрочеренков со 2-й и 4–5-й парами листьев. Полученные данные свидетельствуют о большей эффективности использования эксплантов из верхней части побега — при использовании таких микрочеренков повышалось число побегов и коэффициент размножения. Такие особенности эксплантов из разных зон микропобега могут быть обусловлены различным уровнем эндогенных фитогормонов, определяющих направленность морфогенетических процессов в асептической культуре. Выявленная нами реакция выделенных из пробирочных побегов эксплантов отличается от данных Хамза с соавторами, которые использовали экспланты из выращенных в Египте растений *L. angustifolia* Munstead [10]. Они показали, что при культивировании *in vitro* из верхушек стебля развивалось в 1,3–2,0 раза больше побегов по сравнению с сегментами стебля с одним узлом. Возможно, такие различия полученных данных связаны с разным физиологическим состоянием побегов *in situ* и культивируемых на питательных средах с регуляторами роста побегами *in vitro*. В частности, для ряда сортов лаванды и лавандина были установлены изменения физиологических и биохимических параметров микропобегов при клональном микроразмножении *in vitro* [5].

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 14–50–00079.

Список литературы

1. Калашникова Е. А. Клеточная инженерия растений: Учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012, 318 с.
2. Dias M. C., Almeida R., Romano A. Rapid clonal multiplication of *Lavandula viridis* L'Her through *in vitro* axillary shoot proliferation. *Plant Cell Tissue Org. Cult.*, 2002, Vol. 68, № 1, P. 99–102.
3. Echeverrigaray S., Basso R., Andrade L. B. Micropropagation of *Lavandula dentata* from axillary buds of field-grown adult plants. *Biol. Plantarum*, 2005, Vol. 49, № 3, P. 439–442.
4. Ghiorghita G., Maftai D. E., Nicuta D. Some aspects concerning the *in vitro* reaction of *Lavandula angustifolia* L. *Propag. Ornament. Plants.*, 2009, Vol. 9, № 1, P. 47–49.
5. Mitrofanova O. V., Grebennikova O. A., Paliy A. E. [et al.] Biochemical and physiological features of regenerants in some lavender and lavandin cultivars *in vitro*. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 2016, Vol. 17, № 7–8, P. 335–341.
6. Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Мікроклональне розмноження рослин. Теорія і практика. К: Наукова думка, 2005, 270 с.
7. Егорова Н. А. Получение растений-регенерантов в каллусной культуре лаванды и их микроразмножение *in vitro* (методические рекомендации). Симферополь: ИЭЛР УААН, 2008, 28 с.
8. Егорова Н. А., Ставцева И. В., Митрофанова И. В. Влияние сорта и факторов культивирования *in vitro* на клональное микроразмножение розы эфиромасличной. *Бюллетень ГНБС*, 2016, Вып 120, С. 36–43.
9. Егорова Н. А., Ставцева И. В., Якимова О. В. [и др.] Некоторые аспекты клонального микроразмножения и сохранения *in vitro* эфиромасличных растений. *Таврический вестник аграрной науки*, 2015, № 1(3), С. 18–24.
10. Hamza A. M., Abd El-Kafe Omaima M., Kasem M. M. Direct micropropagation of English lavender (*Lavandula angustifolia* Munstead) plant. *J. Plant Production, Mansoura Univ.*, 2011, Vol. 2, № 1, P. 81–96.

5-аминолевулиновая кислота как стимулятор активности антиоксидантной защитной системы растений озимого рапса

Емельянова А. В., Щербаков Р. А., Аверина Н. Г.

*Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
yashchuk.anna@mail.ru*

Резюме. Выявлена серия метаболических перестроек защитной системы растений озимого рапса, индуцированных действием экзогенной 5-аминолевулиновой кислоты, которые включают индукцию накопления низкомолекулярных антиоксидантов — антоцианов, возрастание активности супероксиддисмутазы, а также антиоксидантной и антирадикальной активностей.

5-Aminolevulinic acid as a stimulator of the activity of the antioxidant protective system of winter rape plants. Yemelyanova A. V., Shcherbakov R. A., Averina N. G. **Summary.** A series of metabolic rearrangements of the protective system of winter rapeseed plants induced by action of exogenous 5-aminolevulinic acid has been identified, which include the induction of accumulation of low-molecular antioxidants — anthocyanins, as well as an increase in superoxide dismutase activity and antioxidant and antiradical activities.

Введение

Высшие растения на всех этапах своего развития подвергаются воздействию различных неблагоприятных факторов, которые могут способствовать накоплению в клетках активных форм кислорода (АФК). Повышение уровня АФК приводит к развитию окислительного стресса и, как следствие, изменениям многих метаболических процессов. Это может сопровождаться повреждениями клеточных структур и даже приводить к гибели растений. Однако существуют неспецифические защитные системы, которые вносят значительный вклад в устойчивость растений от комплексного действия стресс-факторов. Среди них особое место занимает антиоксидантная система [1]. Антиоксидантная система — это многокомпонентная антиокислительная система, которая состоит из высокомолекулярных веществ — ферментов (супероксиддисмутаза (СОД), каталаза, аскорбатпероксидаза (АПР), глутатионредуктаза (ГР) и другие), пептидов, способных связывать ионы металлов переменной валентности, а также из низкомолекулярных соединений, таких как восстановленный глутатион и аскорбат, токоферол, каротиноиды, пролин, а также антоцианы.

Антоцианы — это класс окрашенных водорастворимых флавоноидов. Обычно в клетках они растворены в клеточном соке и сосредоточены в вакуолях, где концентрация их достигает значительных величин [2]. Антоцианы выполняют в растениях широкий спектр функций, включая привлечение опылителей, защиту от действия низких положительных температур, засухи и избыточной инсоляции [3]. Они защищают фотосинтетический аппарат от действия избытка солнечной радиации, действуя как «светофильтры» [4]. Однако основная функция антоцианов состоит, прежде всего, в разнообразной, универсальной и эффективной защите растений в стрессовых ситуациях [5].

Применение и перспективы использования антоцианов в различных отраслях промышленности также разнообразны. Они широко применяются в современных биотехнологических

процессах, как важные компоненты пищевых, фармакологических и косметических продуктов. Ведется поиск новых и недорогих растительных источников антоцианов, а также индукторов их синтеза. Ранее нами было установлено стимулирующее действие 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК) в концентрациях 50–200 мг/л на синтез антоцианов в растениях озимого рапса [6]. АЛК — органическая кислота, предшественник всех циклических (хлорофиллы, геммы, корриноиды) и линейных (билиновые пигменты) тетрапирролов, которые играют центральную роль в метаболизме растительных, животных и бактериальных организмов. АЛК представляет собой естественный метаболит, концентрация которого в растениях *in vivo* поддерживается на низком уровне [7]. У растений ее образование является регулируемым этапом синтеза хлорофилла.

Целью работы явилось изучение влияния экзогенной АЛК в концентрации 200 мг/л на состояние антиоксидантной защитной системы растений озимого рапса.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовали проростки озимого рапса (*Brassica napus*) сорта «Зорны». Растения выращивали в лабораторных условиях до 7-дневного возраста либо на поверхности воды (контроль), либо на растворе АЛК (200 мг/л) при температуре $26 \pm 2^\circ\text{C}$ и интенсивности освещения 4900 люкс. В семядольных листьях растений озимого рапса оценивали такие биохимические показатели как содержание антоцианов, активность защитного фермента — СОД, а также общая антиоксидантная активность и антирадикальная активность.

Результаты и их обсуждение

Анализ содержания антоцианов в растениях озимого рапса показал, что в семядольных листьях и в гипокотелях проростков, выращиваемых на растворе экзогенной АЛК 200 мг/л, накапливается существенное количество антоцианов, что обуславливает розовую окраску ткани. Была отмечена положительная динамика роста антоциановых пигментов в растениях, обработанных экзогенной АЛК, по сравнению с контрольными растениями, выращенными на воде. Содержание антоцианов в контрольных растениях, выращиваемых в течение 7-ми дней вегетации, не изменялось и в среднем составляло 94 ± 4 мкмоль/г сырой массы. Максимальное содержание антоцианов в семядольных листьях озимого рапса, обработанного АЛК, отмечалось на 7-ой день вегетации и составляло 342 мкмоль/г сырой массы, что было в 3,5 раза больше, чем в контрольных растениях.

Под действием экзогенной АЛК повышалась активность защитного фермента — СОД. Так, активность Mn-СОД изоформы (1-ая полоса на рис. 1, А) составила $117 \pm 2,3\%$, а активность Cu/Zn-СОД изоформ (полосы 3, 4, 5) — $116 \pm 3,7\%$, $110 \pm 6,3\%$ и $106 \pm 5\%$ по сравнению с контролем соответственно (рис. 1 А, Б).

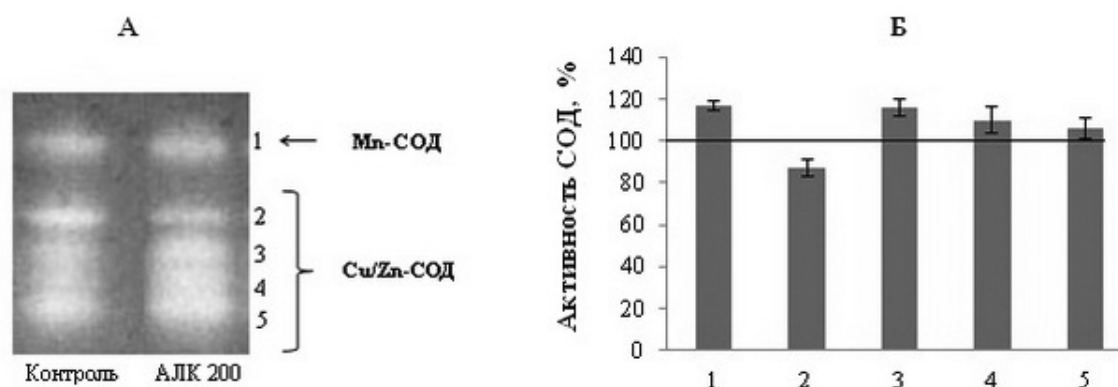


Рис. 1. Нативный гель-электрофорез (А) и активность СОД (Б) в растениях озимого рапса, выращенных на воде (принято за 100%) и растворе АЛК 200 мг/л

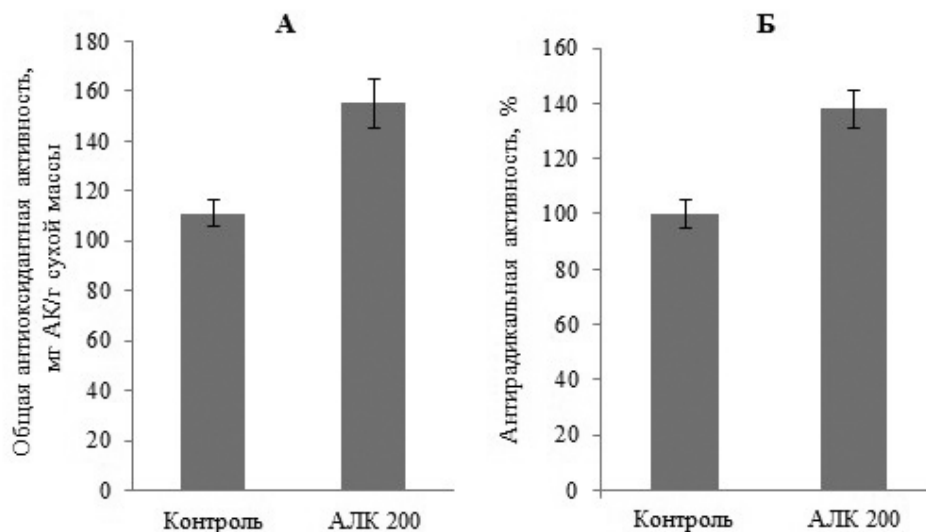


Рис. 2. Влияние экзогенной АЛК (200 мг/л) на общую антиоксидантную активность (А) и антирадикальную активность (Б) в семядольных листьях 7-дневных растений озимого рапса

Общая антиоксидантная активность растений озимого рапса, оцениваемая по способности содержащихся в них молекул отдавать электроны и восстанавливать молибден (VI) в молибден (V), оказалась существенно выше в листьях растений, выращиваемых на растворе АЛК, и составила $154,9 \pm 9,6$ мг аскорбата/г сухой массы по сравнению с контролем — $111 \pm 5,2$ мг аскорбата/г сухой массы (рис. 2, А). Аналогичная картина отмечалась и при оценке антирадикальной активности. Количество нейтрализованных молекул радикала DPPH экстрактом, выделенным из листьев растений, выращенных на растворе АЛК, в среднем составило 138% по сравнению с контрольными растениями (рис. 2, Б).

Заключение

Таким образом, выявлен ряд метаболических перестроек защитной системы растений озимого рапса, индуцированных действием экзогенной АЛК, которые включают стимуляцию накопления низкомолекулярных антиоксидантов — антоцианов, а также возрастание активности СОД, общей антиоксидантной, а также антирадикальной активностей по сравнению с этими показателями в растениях, выращиваемых на поверхности воды.

Список литературы

1. Helena M., Carvalho C. Drought stress and reactive oxygen species. Production, scavenging and signaling. *Plant Signal Behav*, 2008, V. 3, № 3, P. 156–165.
2. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений. Мн.: Ураджай, 1981, С. 24–25.
3. Соловченко А. Е., Чивкунова О. Б. Физиологическая роль накопления антоцианов в ювенильных листьях лещины. *Физиология растений*, 2011, Т. 58, № 4, С. 582–589.
4. Smillie, R. M, Hetherington S. E. Photoabatement by anthocyanin shields photosynthetic systems from light stress. *Photosynthetica*, 1999, Vol. 36, P. 451–463.
5. Gould K. Anthocyanins. *Biosynthesis, Functions and Application*. New York, 2009. P. 200–202.
6. Емельянова А. В. Роль экзогенной 5-аминолевулиновой кислоты в индукции накопления антоцианов в растениях озимого рапса. *Весці НАН Беларусі. Сер. біял. Навук*, 2016, № 3, С. 66–69.
7. Аверина, Н. Г., Яронская Е. Б. Биосинтез тетрапирролов в растениях. Мн.: Беларуская навука, 2012, С 12–20.

Влияние сорта и длительности культивирования на клональное микроразмножение мяты *in vitro*

Загорская М. С., Егорова Н. А.

Научно исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, г. Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация, zagorskayamargo@gmail.com

Резюме. Исследовано влияние генотипа и количества субкультивирований на развитие меристемных культур мяты сортов 'Бергамотная', 'Украинская Перечная', 'Ажурная'. При введении меристем в культуру *in vitro* наблюдалось множественное побегообразование, а также корнеобразование (за исключением 'Бергамотной'). На втором этапе микроразмножения при анализе изменения морфометрических параметров в течение пяти субкультивирований показано снижение числа побегов и частоты ризогенеза. Коэффициент размножения варьировал от 6,8 до 11,3, в зависимости от сорта и числа субкультивирований.

Influence of cultivar and duration of cultivation on mint clonal micropropagation *in vitro*. Zagorskaya M. S., Yegorova N. A. **Summary.** The influence of genotype and number of subcultures on the meristem cultures development of mint cultivars Bergamotnaya, Ukraineskaya Perechnaya, Azhurnaya was studied. When meristems were introduced into culture *in vitro*, multiple shoot formation was observed, as well as root formation (with the exception of 'Bergamotnaya'). At the second stage of micropropagation, when analyzing the change of morphometric parameters during five subcultures, it was shown decrease the number of shoots and frequency of rhizogenesis. The multiplication index varied from 6.8 to 11.3, depending on the cultivars and the number of subcultures.

Введение

На современном этапе развития селекции для создания новых сортов сельскохозяйственных культур, ускоренного их размножения, а также для получения генотипов с ценными хозяйственными признаками эффективным является использование новых подходов, основанных на комплексе методов биотехнологии растений. Культура изолированных меристем позволяет быстро размножать ценные сорта и образцы, получать оздоровленный посадочный материал, а также является основой приемов сохранения генотипов *in vitro* [1, 2]. Методы клонального микроразмножения разработаны для многих культурных и дикорастущих видов растений [2, 3], однако для эфиромасличных растений работ такого плана не очень много [4].

Мята — широко известное многолетнее травянистое лекарственное, эфиромасличное и пряноароматическое растение семейства Lamiaceae. Различные виды рода *Mentha* используются в фармакологии, косметической и пищевой промышленности, а также в медицине. Препараты из растений мяты оказывают антисептическое, седативное, умеренное спазмолитическое, желчегонное, антиэметическое действие. Интерес к этому ценному растению обуславливает активное проведение селекционной работы, в том числе и по созданию эфиромасличных сортов [5]. Для быстрого размножения исходного селекционного материала и сортов, а также разработки приемов их сохранения *in vitro* целесообразно привлечение биотехнологических методов. В литературе имеются сведения об исследованиях, связанных с разработкой приемов микроразмножения для разных видов рода *Mentha* [6–8]. При этом авторы использовали в качестве

эксплантов меристемы, почки, сегменты стебля с узлом и достаточно разнообразные составы питательных сред на этапах размножения. Однако многие вопросы клонального микроразмножения в этих работах не затрагивались, особенно применительно к изучаемым сортам мяты эфиромасличного направления. Целью данной работы было исследование влияния генотипа и длительности культивирования на развитие меристемных культур мяты трех эфиромасличных сортов на 1 и 2-м этапах микроразмножения *in vitro*.

Материалы и методы исследований

В экспериментах были использованы три эфиромасличных сорта мяты: 'Бергамотная' (*Mentha citrata* Ehrh. × *M. longifolia* L.) × *M. spicata* L.), 'Украинская Перечная' (*M. piperita* L. × *M. spicata* L.), 'Ажурная' (получен путем свободного переопыления полиплоида *M. canadensis* L. с представителями дикорастущих видов). Донорные растения выращивали в условиях закрытого грунта. На первом этапе в качестве эксплантов использовали пазушные меристемы с листовыми примордиями (размером 0,5–0,8 мм), которые вычленили под микроскопом МБС-10 в условиях ламинарной камеры. Для стерилизации эксплантов применяли 50% раствор препарата «Брадофен 10Н» (ФЛОРИН АО, Венгрия) и 70% этанол. Подготовку материалов, питательных сред и работу в асептических условиях проводили согласно общепринятым методам [2]. Для культивирования меристем и микрочеренков использовали среду Мурасиге-Скуга с добавлением 0,5 мг/л ИУК и 1,0 мг/л БАП. На втором этапе в качестве эксплантов использовали сегменты стебля с одним узлом, выделенные из побегов. Культивирование проводили в пробирках (с 10 мл питательной среды) в культуральной комнате при +24°C, влажности 70% и освещенности 2–3 клк с 16-часовым фотопериодом. Перед каждым субкультивированием анализировали длину и число побегов, количество листьев (узлов), частоту ризогенеза, длину и число корней, морфологию побегов и вычисляли коэффициент размножения (К. Р.). Микрочеренкование побегов осуществляли каждые 40–50 дней. В каждом варианте опыта анализировали не менее 15–20 эксплантов в 3-х кратной повторности. Данные обработаны статистически, согласно общепринятым методам, с использованием пакета программ Microsoft Office.

Результаты и обсуждение

При введении в культуру *in vitro* все изученные сорта показали 100% приживаемость эксплантов. Развитие меристем начиналось уже на первой неделе культивирования. На этом этапе происходило активное адвентивное побегообразование (до 3,6 побега/эксплант), при этом формировались достаточно длинные побеги (в среднем до 37,7 мм) (табл. 1). Лучшее развитие микропобегов отмечено у сорта 'Ажурная', у которой многие изученные морфометрические показатели (длина побега, число листьев, частота множественного побегообразования) были в 2 раза выше, чем у других сортов. Сорта 'Бергамотная' и 'Украинская' Перечная характеризовались довольно схожими морфометрическими показателями развития побегов. Следует отметить, что уже на 1-м этапе микроразмножения у 'Украинской Перечной' и 'Ажурной' формировались корни с частотой 21,4 и 83,3%, соответственно. В то же время у 'Бергамотной' на этапе введения корни отсутствовали.

Таблица 1

Влияние сорта на развитие изолированных меристем мяты на 1-м этапе размножения *in vitro*

Сорт	Число побегов, шт.	Длина побега, мм	Число узлов, шт	Частота корнеобразования, %	Число корней, шт.	Длина корня, мм
Ажурная	3,6±0,6	37,7±3,2	2,4±0,2	83,3±9,2	3,0±0,5	37,8±3,1
Бергамотная	3,0±0,3	18,6±2,0	1,7±0,1	0,0	–	–
Украинская Перечная	2,9±0,5	18,4±2,4	1,7±0,1	21,4±3,3	2,7±0,9	24,9±3,2

На втором этапе микроразмножения в качестве эксплантов использовали сегменты стебля с 1 узлом и парой листьев, выделенные при микрочеренковании из формирующихся меристемных побегов. При культивировании из микрочеренков развивалось в среднем от 1,8 до 4,2 побега на эксплант (табл. 2). Изученные сорта характеризовались довольно активным ростом пазушных и адвентивных побегов, которые через месяц культивирования достигали длины 28,8–58,6 мм. Поэтому у мяты для размножения *in vitro* целесообразно сочетать два приема — индукцию адвентивных побегов и их микрочеренкование.

Таблица 2

Влияние цикла микроразмножения и генотипа на развитие меристемных культур мяты на 2-м этапе размножения *in vitro*

Число субкультивирований	Сорт	Число побегов, шт	Длина побега, мм	Число узлов, шт	Частота корнеобразования, %	Число корней, шт
1	Ажурная	3,7±0,3	33,2±1,8	2,4±0,1	63,1±6,4	3,1±0,3
	Бергамотная	2,3±0,2	44,0±3,5	3,6±0,2	46,0±4,1	2,5±0,2
	Украинская Перечная	4,2±0,5	30,1±1,8	2,7±0,1	72,2±7,5	3,0±0,3
3	Ажурная	3,8±0,4	28,8±1,8	2,1±0,1	80,5±6,6	2,2±0,2
	Бергамотная	1,8±0,1	58,6±3,3	4,2±0,2	60,4±7,5	1,5±0,2
	Украинская Перечная	2,5±0,4	34,3±2,9	3,0±0,2	57,6±5,7	1,7±0,2
5	Ажурная	1,9±0,2	42,0±5,0	3,6±0,4	26,3±4,3	1,8±0,4
	Бергамотная	1,9±0,2	53,3±6,2	4,1±0,4	26,3±3,2	1,2±0,2
	Украинская Перечная	2,3±0,3	43,6±4,6	3,5±0,3	21,1±2,6	1,5±0,3

Выявлено влияние сорта и количества субкультивирований на основные показатели развивающихся микропобегов и коэффициент размножения (рис. 1). При анализе морфометрических параметров в 1, 3 и 5 субкультивировании было установлено, что большинство показателей было выше в 1-м пассаже по сравнению с третьим и пятым. Коэффициент размножения варьировал от 6,8 до 11,1, в зависимости от сорта и числа субкультивирований. При этом у сортов 'Украинская Перечная' и 'Ажурная' отмечалось снижение коэффициента размножения в 3–5-м субкультивировании по сравнению с первым. У 'Бергамотной' достоверных изменений этого показателя при субкультивировании не выявлено. При анализе влияния длительности культивирования на микроразмножение других эфиромасличных растений ранее было показано, что у лаванды коэффициент размножения повышался к третьему пассажу, тогда как у герани эфиромасличной этот показатель не изменялся в течение двух лет. В то же время у шалфея и фенхеля в течение первых трех субкультивирований коэффициент размножения достоверно не изменялся, а затем постепенно снижался [9].

Следует отметить существенное снижение частоты корнеобразования по мере субкультивирования у всех изученных сортов мяты. Этот показатель в 5 пассаже составил всего 21,1–26,3%. Число корней при длительном культивировании у мяты также уменьшалось, хотя при этом возрастала их длина. Полученные данные о снижении способности к ризогенезу свидетельствуют о том, что для получения регенерантов при длительном субкультивировании *in vitro* у изученных сортов мяты необходим перевод микропобегов на питательную среду для укоренения.

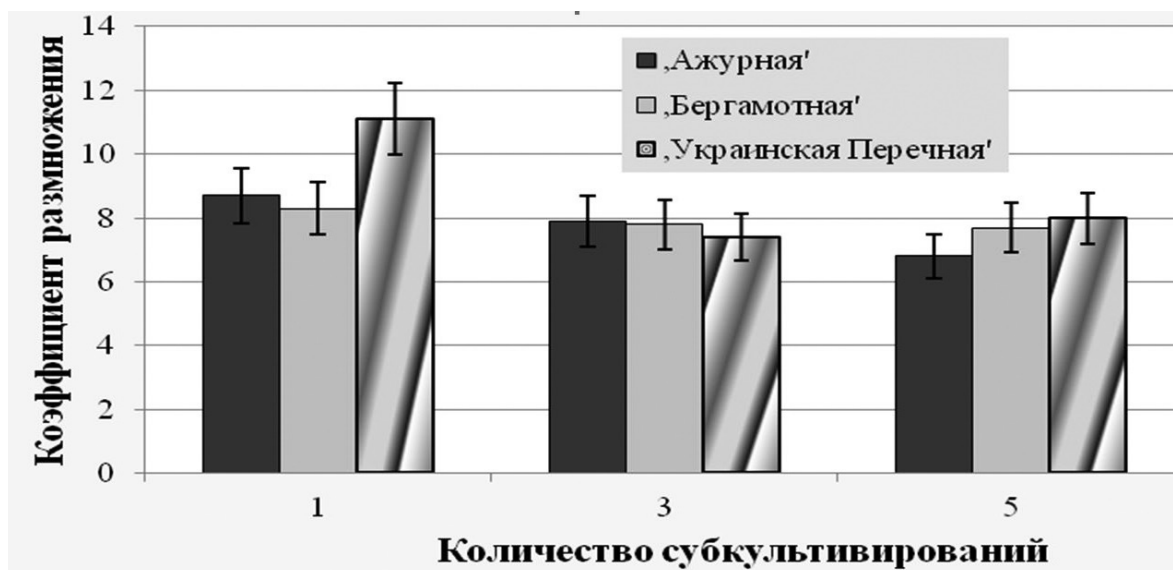


Рис. 1. Влияние числа субкультивирований и сорта на коэффициент размножения у мяты на 2-м этапе размножения *in vitro*

Авторы выражают благодарность старшему научному сотруднику ФГБУН «НИИ СХ Крыма» к. с.-х. н. Е. Б. Шульге за предоставленный растительный материал сортов мяты.

Список литературы

1. Картель Н. А., Кильчевский А. В. Биотехнология в растениеводстве. Минск: Тэхналогія, 2005, 310 с.
2. Калашникова Е. А. Клеточная инженерия растений: Учебное пособие. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012, 318 с.
3. Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Мікроклональне розмноження рослин. Теорія і практика. К: Наукова думка, 2005, 270 с.
4. Егорова Н. А. Некоторые аспекты биотехнологии эфиромасличных растений: микроклональное размножение, синтез продуктов вторичного метаболизма *in vitro*. Физиология растений и генетика, 2014, Т. 46, № 3, С. 187–201.
5. Невкрытая Н. В., Мишнев А. В. Современное состояние селекции и семеноводства эфиромасличных культур в Крыму. Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2016, № 2 (59), С. 287–296.
6. David Raja H., Arockiasamy D. I. *In vitro* propagation of *Mentha veredis* L. from nodal and shoot tip explants. Plant tissue cult. & Biotech, 2008, Vol. 18(1), P. 1–6.
7. Sanjog T. Thul, Arun K. Kukreja An efficient protocol for high-frequency direct multiple shoot regeneration from internodes of peppermint (*Mentha x piperita*). Natural Product Communications, 2010, Vol. 5, N. 12, P. 1945–1946.
8. Бугара И. А., Бугара А. М. Культура изолированных тканей мяты *in vitro*: возможности для размножения сортов и сохранения биологического разнообразия. Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана, 2002, Вып. 12, С. 194–199.
9. Егорова Н. А., Кривоухатко А. Г., Ставцева И. В., Каменек Л. И. Микроразмножение эфиромасличных растений с использованием культуры изолированных тканей и органов *in vitro*. Таврический вестник аграрной науки, 2013, № 1, С. 9–14.

Регенерация микропобегов в культуре высечек листьев хурмы восточной

**Иванова Н. Н., Митрофанова И. В.,
Кузьмина Т. В., Хохлов С. Ю.**

Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН, пгт Никита, г. Ялта, Россия, Р Крым, nnivanova2017@yandex.ru

Резюме. Изучено влияние тидиазулона (ТДЗ) на непрямой органогенез микропобегов из высечек листа изучаемых сортов хурмы восточной в условиях *in vitro*. Образование адвентивных почек в каллусе наблюдали через 6 недель культивирования на среде, дополненной 6,0 и 9,0 мкМ ТДЗ. Гистологический анализ каллуса показал наличие вторичных апикальных меристем с примордиальными листьями. Также в каллусе хурмы отмечен гистогенез проводящих тканей. Такие ткани концентрируются в области апикальных меристем, образуя с ними единую монополярную структуру микропобега. Получено 8–15 микропобегов/эксплант у сорта Никитская Бордовая и 7–12 — у сорта Украинка.

Ключевые слова: *Diospyros kaki*, высечка листа, каллус, регенерация микропобегов

Regeneration of micro-raids in the culture of die-cutting persimmon leaves. Ivanova N. N., Mitrofanova I. V., Kuzmina T. N., Khokhlov S. Yu. **Summary.** The effect of tidiiazuron (TDZ) on the indirect organogenesis in the microshoots obtained from the leaf cuttings of the studied persimmon cultivars under *in vitro* conditions was studied. Adventitious bud formation in callus was observed after 6 weeks of culture on the medium supplemented with 6.0 and 9.0 μ M TDZ. Histological analysis of callus demonstrated the presence of secondary apical meristems with primordial leaves. Also, histogenesis of the vascular tissues was noted in the persimmon callus. These tissues were concentrated in the zone of apical meristems and together they formed a uniform unipolar structure of the microshoot. We obtained 8–15 microshoots/explant in the cultivar Nikitskaya Bordovaya and 7–12 microshoots/explant in the cultivar Ukrainka.

Key words: *Diospyros kaki*, leaf cutting, callus, microshoot regeneration

Введение

Хурма (*Diospyros kaki* Thunb.) является ценной субтропической плодовой культурой. В настоящее время коллекция хурмы в Никитском ботаническом саду насчитывает 82 сорта и 3 вида. Плоды хурмы богаты витаминами и полифенольными веществами [3]. Для улучшения существующих методов вегетативного размножения перспективных сортов, оздоровления от вирусной инфекции и сохранения ценного растительного материала в настоящее время активно используют биотехнологические методы [11]. Разработаны способы получения *in vitro* из вегетативных почек различных сортов хурмы [1, 2, 4, 7, 9, 14]. Сообщается и о регенерации побегов хурмы из каллуса, формирующегося на высечках листьев *in vitro* [7, 10, 13]. Однако до сих пор не существует универсальных способов клонального микроразмножения для всех сортов хурмы.

Цель наших исследований — выявить возможность регенерации микропобегов хурмы восточной перспективных сортов Никитская Бордовая и Украинка селекции НБС из высечек листа микропобегов, культивируемых *in vitro*.

Материалы и методы

В биотехнологические исследования были включены 2 перспективных сорта хурмы восточной (*D. kaki*): Никитская Бордовая и Украинка, из генофондовой коллекции НБС. В условия *in vitro* были введены вегетативные почки изучаемых сортов. Исследования по введению эксплантов в культуру *in vitro* и регенерации микропобегов хурмы проводили в лаборатории биотехнологии и вирусологии растений ФГБУН НБС-ННЦ с применением биотехнологических методов (9). Вегетативные почки хурмы, отобранные с деревьев в январе-феврале стерилизовали 1 мин в 70% этаноле, 15 мин в растворе, содержащем 0,3–0,4% Cl_2 Дез ТАБ, Китай), затем 10 мин в 1% растворе Thimerosal (Sigma, США) с добавлением 2–3 капель Tween 20 и культивировали на модифицированной нами среде МС [12]. Для индукции регенерации микропобегов в питательную среду вводили 17,80–22,20 мкМ 6-бензиламинопурина (БАП) и 0,49 мкМ индолил-3-масляной кислоты (ИМК), 30 г/л сахарозы и 10 г/л агар-агара. Колбы и пробирки с эксплантами содержали в культуральной комнате с 16-часовым фотопериодом, интенсивностью освещения $37,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ при температуре $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Высечки листьев помещали на питательную среду МС, дополненную тидиазуроном (ТДЗ, Sigma, США) в концентрациях 1,0; 3,0; 6,0; 9,0 и 12,0 мкМ. Контрольной была среда МС без ТДЗ. Одну часть эксплантов культивировали на стеллаже в культуральной комнате, другую — в термостате в отсутствии освещения при $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Морфогенные структуры фиксировали в смеси Карнуа (96% этиловый спирт, хлороформ, уксусная кислота в соотношении 6:3:1). После фиксации материал переносили в 70% водный раствор этилового спирта. Для его обезвоживания использовали растворы этилового, бутилового спирта и кислоты с постепенным повышением их концентрации, а в последующем материал пропитывали парафином. Парафиновые срезы делали на ротационном микротоме марки МРТУ толщиной 10–15 мкм. Постоянные гистологические препараты окрашивали метилгрюниронином и алциановым синим [5]. Анализ постоянных препаратов проводили методом светлорольной микроскопии на микроскопе AxioScope A.1 (Zeiss, Германия). Микрофотографии получены с помощью системы анализа изображения AxioCamERc5 s и цифровой фотокамеры Olympus SP-350. Для анализа изображений использовали программное приложение AxioVisionRel. 4.8.2.

Результаты и обсуждение

Для определения основных факторов, индуцирующих органогенез в условиях *in vitro* нами изучено влияние различных концентраций ТДЗ на регенерационный потенциал высечек листьев хурмы. Выявлено, что наиболее интенсивно каллусообразование происходило в зоне листового черешка. При использовании в среде 1,0; 3,0 и 12,0 мкМ ТДЗ наблюдали формирование рыхлогой, неморфогенного каллуса. В дальнейшем он изменял свою окраску от светло-зеленой до коричневой и отмирал. На контрольной среде без ТДЗ высечки листьев через 15 сут приобретали коричневую окраску и отмирали. Образование морфогенного каллуса наблюдали при наличии в составе среды 6,0 и 9,0 мкМ ТДЗ. Реализация морфогенетического потенциала исходных эксплантов зависела от условий культивирования. На свету каллус был компактный, серо-зеленый. Однако каллусообразование активнее начиналось в отсутствии освещения, при этом формировался светло-серый, лишенный пигментации каллус. При переносе каллуса на свет в течение недели отмечали интенсивное окрашивание в ярко-зеленый цвет. Через 6 недель культивирования на средах с 6,0 мкМ и 9,0 мкМ ТДЗ на его поверхности появлялись шаровидные, блестящие структуры диаметром 2–3 мм, из которых впоследствии формировались микропобеги. Увеличение продолжительности культивирования эксплантов свыше 6 недель стимулировало регенерацию микропобегов из морфогенного каллуса хурмы. Получено 8,0–15,0 микропобегов /экспл. у сорта Никитская Бордовая и 7,0–12,0 — у сорта Украинка. Дальнейшее субкультивирование на среде МС, дополненной 1,0 мкМ ТДЗ способствовало росту микропобегов.

Гистологический анализ каллусных структур, культивируемых на питательных средах с различными концентрациями ТДЗ показал, что они представлены плотной паренхимной тканью, образованной относительно крупными клетками со слабо окрашенной цитоплазмой и неболь-

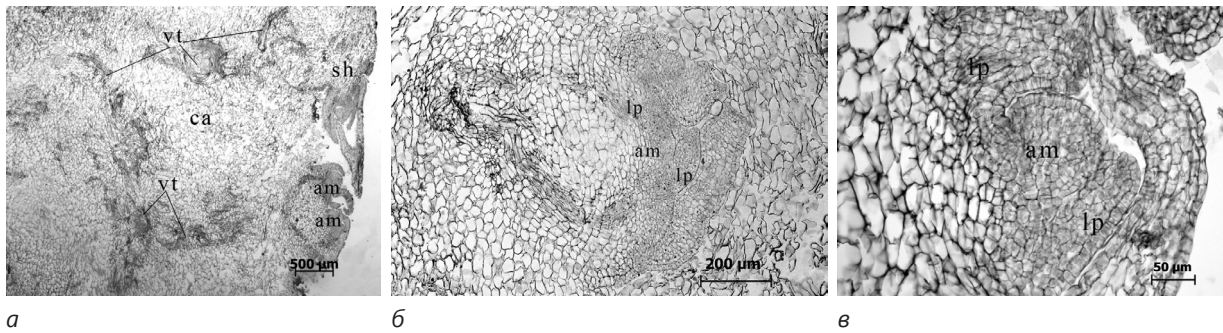


Рис. 1. Фрагменты поперечных срезов каллуса хурмы сорта Украинка с участками дифференциации вторичных апикальных меристем (а-в)
(am — апикальная меристема; ca — каллус; lp — примордиальные листья; sh — микропобег; vt — сосудистые элементы)

шим ядром. На поверхности каллусов расположены облитерирующие клетки, формирующие своеобразный корковый слой. Эти клетки имеют слабовыраженную цитоплазму и ядро, и интенсивно окрашенные клеточные стенки. На периферии каллусов отмечаются зоны мелких клеток с плотной цитоплазмой и крупным ядром, формируя области меристематически активных клеток, участвующих в закладке меристем микропоголов и развитии примордиальных листьев. Следует отметить, что у каллусов, культивируемых на питательной среде, содержащей 6,0 мкМ ТДЗ, отмечено большее количество меристематически активных зон, чем у каллусов, культивируемых на средах с большей и меньшей концентрацией ТДЗ. Кроме того, в массе паренхимных клеток каллусов выделяются тяжи сосудистых элементов, направленные к развивающимся вегетативным почкам и микропобегам (рис. 1).

Выводы

Показано, что присутствие в питательной среде МС 6,0 и 9,0 мкМ ТДЗ способствовало регенерации микропоголов в морфогенном каллусе, формирующегося из высечек листа хурмы восточной сортов Никитская Бордовая и Украинка. Гистологический анализ подтвердил реализацию морфогенетического потенциала исследуемых сортов через непрямой органогенез.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 14–50–00079.

Список литературы

1. Иванова Н. Н., Митрофанова И. В., Хохлов С. Ю. Особенности введения эксплантов хурмы восточной в условия *in vitro*. Бюл. Никит ботан. Сада, 2016, вып. 119, С. 45–51.
2. Иванова Н. Н., Хохлов С. Ю., Митрофанова И. В. Различные пути регенерации растений *Diospyros kaki* Thunb. сорта Золотистая в условиях *in vitro*. Бюл. Никит ботан. Сада, 2016, вып. 120, С. 24–30.
3. Казас А. Н., Литвинова Т. В., Мязина Л. Ф. и др. Субтропические плодовые и орехоплодные культуры: научно-справочное издание. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2012, 304 с.
4. Митрофанова И. В., Казас А. Н., Хохлов С. Ю. Особенности клонального микроразмножения хурмы. Бюл. Никит ботан. Сада, 1988, вып. 80, С. 153–158.
5. Шевченко С. В., Чеботарь А. А. Особенности эмбриологии маслины европейской (*Olea europaea*). Цитолого-эмбриологические исследования высших растений. Т. 133, Ялта, 1992. С. 52–61.
6. Cooper P. A., Cohen D. Micropropagation of Japanese persimmon *Diospyros kaki*. Comb. Proc. Int. Plant Prop Soc, 1985, Vol. 34, P. 118–124.

7. Kochanova Z., Onus N., Brindza J. Adventitious shoot regeneration from dormant buds of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) cv. Hachiya. *Journal of Agrobiology*, 2011, Vol. 28, № 2, P. 113–118
8. Kyte L., Kleyn J., Scoggins, H., Bridgen M. *Plants from Test Tubes: An introduction of Micropropagation*, 4th edn (Portland, OR, US: Timber Press), 2013, p. 274.
9. Liu Y., Ma J., Tang X., Song C. Study on the adventitious shoot regeneration of persimmon leaves. *Hubei Agri Sci*, 2016, Vol. 45, P. 618–621.
10. Mitrofanova I. V., Mitrofanova O. V. Development of recipient system of woody subtropical plants *in vitro*. *Acta Univ. Latviensis Biol.*, 2004, Vol. 676, P. 189–196.
11. Mitrofanova I. V., Mitrofanova O. V., Lesnikova-Sedoshenko N. P., Chelombit S. V., Shishkina E. L. and Chirkov S. N. Phytosanitary status of *Ficus carica* collection orchards in Nikita Botanica Gardens and biotechnology of fig plants regeneration. *Acta Horticulturae*, 2016, Vol. 1139, P. 303–309.
12. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with *Tobacco* tissue cultures. *Physiol. Plant*, 1962, Vol. 15, № 3, P. 473–497
13. Tao R., Murayama H., Morigychi K., Sugiura A. (1988). Plant regeneration from callus cultures derived from primordial leaves of adult persimmon. *Hort Science*. 23, 1055–1056.
14. Tetsumura T. Effect of tupes of cytokinin used vor *in vitro* shoot proliferation of persimmon on the subsequent rooting of shoots. *Acta Hort*, 1997, Vol. 436, P. 143–148.

Оптимизация технологических приемов размножения *Vitis vinifera* L. в культуре *in vitro* при интродукции в условиях Среднего Предуралья

Исаева А. Н., Леконцева Т. Г., Федоров А. В.

Отдел интродукции и акклиматизации растений УдНЦ УрО РАН, г. Ижевск, Россия

Резюме. В работе приведены результаты исследований по оптимизации основных этапов микроклонального размножения *in vitro* растений винограда. Для микроклонального размножения и регенерации растений из меристем подобраны оптимальные рецептуры питательных сред. Предложено сокращение периода укоренения микрорастений перед выведением на адаптацию пробирочных растений винограда.

Optimization technological receptions of *in vitro* propagation of *Vitis vinifera* L. at introduction of conditions Middle Urals. Isaeva A. N., Lekonceva T. G., Fedorov A. V. **Summary.** The results of research on optimization of clonal propagation of *in vitro* of plants of grape are presented. For microclonal propagation and regeneration of plants from meristems of studied types of grape optimal nutrient solutions are selected. The effective method at stage of adaptation of grape tube plants with reduction of period of the rooting is selected.

Микроклональное размножение является новым перспективным способом вегетативного размножения растений, позволяющим получать генетически однородный, оздоровленный посадочный материал. Важнейшее достоинство метода размножения растений *in vitro* — возможность за короткое время получить большое количество растений от одного исходного клона [1]. Высокая сортовая специфичность реакции эксплантов сортов винограда на состав питательной среды требует индивидуального подбора компонентов среды для наиболее успешного размножения *in vitro* [2]. Способ микроклонального размножения является наиболее приемлемым для получения достаточного количества сертифицированного посадочного материала винограда в короткие сроки [3]. Основная цель исследований заключалась в оптимизации этапов культивирования *in vitro* *Vitis vinifera* L. для совершенствования технологии его клонального микроразмножения.

Работа проводилась в лаборатории Отдела интродукции и акклиматизации растений УдНЦ УрО РАН в 2016–2017 гг. В работе пользовались общепринятыми в практике микроклонального размножения винограда методами: стерилизации исходного материала, введения в культуру, собственно микроклонального размножения и укоренения *in vitro* с последующей адаптацией к условиям *in vivo* [4].

Объектом исследования был виноград сорта Памяти Домбковской. В качестве исходного материала были взяты верхушки интенсивно растущих зеленых побегов винограда, которые разрезали на одноглазковые черенки и промывали под проточной водой. Стерилизацию растительного материала проводили 33% раствором перекиси водорода с экспозицией 5–7 минут с последующим 5-кратным промыванием автоклавированной дистиллированной водой. В ка-

честве первичных эксплантов использовали апикальные меристемы, выделенные в стерильных условиях ламинар-бокса с использованием микроскопа 10-ти кратного увеличения. Растительный материал культивировали в условиях светоустановки при температуре 25°C и 16-часовым фотопериодом. Закладку опытов проводили в трехкратной повторности, статистическая обработка полученных данных проведена по методике Б. А. Доспехова [5].

Успех размножения *in vitro* во многом зависит от состава питательных сред, на которых будет развиваться микрорастение на всех этапах культивирования [6]. Для введения в культуру апикальных меристем использовали следующие питательные среды: Мурасиге и Скуга (МС) с пониженным содержанием макроэлементов ($\downarrow m/\varepsilon$) и модифицированная среда МС по Зленко и др. [1]. Содержание цитокинина 6-бензиламинопурина (6-БАП) в обоих средах было одинаковая концентрация — 0,25 мг/л.

На обоих питательных средах средние показатели приживаемости эксплантов были невысокими. Приживаемость на среде с пониженным содержанием макроэлементов была существенно выше (40%) по сравнению с модифицированной средой МС по Зленко и др. (30% при $НСР_{05} = 1,3$).

Таким образом, оптимальной средой для введения в культуру винограда оказалась среда с пониженным содержанием макроэлементов.

На этапе пролиферации провели исследования по выявлению наиболее эффективной концентрации фитогормона 6-БАП, изучены варианты: 1 мг/л (К), 2 мг/л, 3 мг/л, основа — модифицированная среда Мурасиге и Скуга (МС) с повышенным содержанием $CaCl_2$. Учитывали такие параметры, как коэффициент пролиферации, длина микропобегов, витрификация и некроз верхушки побегов (табл. 1).

Таблица 1

Влияние концентрации 6-БАП на морфометрические параметры регенерантов винограда на этапе пролиферации, 2016–2017 гг.

Концентрация 6-БАП, мг/л	Коэффициент пролиферации, шт./побег	Длина микропобега, мм	Витрификация, %	Некроз верхушки, %
1,0 (К)	4,4±0,7	17,6±4,1	3,3±3,3	26,7±16,3
2,0	3,3±0,8	13,3±3,5	33,3±4,2	40,0±17,9
3,0	2,9±0,9	11,4±2,9	63,3±3,3	13,3±10,3
$НСР_{05}$	1,0	4,2	10,5	17,9

Примечание: «±» — стандартное отклонение

Было выявлено, что регенеранты существенно различались по коэффициенту пролиферации и длине микропобега в зависимости от концентрации цитокинина 6-БАП в среде при уровне вероятности $p < 0,05$.

Как следует из данных, приведенных в табл. 1, наиболее оптимальной для развития регенерантов является концентрация 6-БАП 1 мг/л, где был получен наибольший в опыте коэффициент пролиферации — 4,4, на средах с содержанием БАП 2 мг/л и 3 мг/л данный показатель составлял соответственно 3,3 и 2,9 (при $НСР_{05} = 1,0$). Длина микропобегов регенерантов в контрольном варианте (1 мг/л) составляла 17,6 мм, что было существенно выше, чем на средах с цитокинином в концентрации 2 мг/л и 3 мг/л, где длина микропобегов составляла 13,3 мм и 11,4 мм соответственно ($НСР_{05} = 4,2$).

Следует отметить, что в контрольном варианте отмечали активный рост и формирование хорошо развитых боковых побегов. При дальнейшем увеличении концентрации БАП до 3 мг/л наблюдали морфологические изменения растений-регенерантов — некроз верхушки, признаки витрификации. Витрификацией (полупрозрачностью, стекловидностью) называется физиологическое и морфологическое расстройство тканей растений, поражающее как травянистые, так

и древесные виды в ходе размножения *in vitro*. Пораженные растения кажутся гладкими, отстают в росте, имеют толстые и уродливые стебли и листья. Стекловидность растений — серьезная проблема, так как она может затронуть скорость размножения побегов и препятствовать укоренению и переносу микроразмноженных растений в естественные условия, ограничивая применение методов *in vitro* как средства для массового размножения. При этом из-за сильного обводнения и изменения структуры листа и стебли кажутся прозрачными, меняют форму [7].

С увеличением содержания фитогормона 6-БАП в среде увеличивалась доля витрифицированных регенерантов. В контрольном варианте процент витрификации составлял 3,3%, при концентрации 6-БАП 2 мг/л и 3 мг/л данный показатель был существенно выше и составлял 33,3 и 63,3% соответственно ($НСР_{05}=10,5$).

Снижение концентрации фитогормонов приводит, как правило, к уменьшению витрификации, однако одновременно наблюдается и уменьшение коэффициента размножения. Большинство исследователей сходятся во мнении, что индукторами витрификации на твердых средах являются фитогормоны. Для решения проблемы витрификации в зависимости от генотипа целесообразно снижать концентрацию 6-БАП в среде [7].

Некроз верхушки — отмирание участков тканей с изменением их окраски. Наибольшее количество побегов с некрозом верхушки отмечено при концентрации 6-БАП 2 мг/л (40%), в контрольном варианте таких растений оказалось 26,7%, при увеличении концентрации цитокинина до 3-х мг/л их доля уменьшалась до 13,3%, но различия были не существенными.

Таким образом, оптимальной для микроразмножения винограда сорта Памяти Домбковской оказалась питательная среда, содержащая цитокинин 6-БАП в концентрации 1 мг/л.

На этапе укоренения использовали две рецептуры питательных сред: $\frac{1}{2}$ МС и среду, разработанную Новочеркасскими учеными Зленко и др., содержание ауксина индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) в средах 0,2 мг/л.

По истечении 60 суток учитывали такие параметры, как высота побега, количество листовых пластинок, развитие корневой системы по 4-бальной шкале (табл. 2).

Таблица 2

**Морфометрические показатели микросаженцев винограда
в зависимости от варианта питательной среды на этапе укоренения, 2016 г.**

Вариант среды	Высота побега, мм	Количество листьев, шт.	Корневая система, баллы
$\frac{1}{2}$ МС (К)	54,6±1,2	6,4±0,1	2,4±0,1
По Зленко и др.	58,9±1,9	6,9±0,2	2,8±0,1
$НСР_{05}$	2,7	0,3	0,2

Примечание: «±» — стандартное отклонение

Полученные данные по развитию микросаженцев показывают, что лучшее влияние оказывала среда, составленная по рецептуре Зленко и др. Микросаженцы, выращенные на этапе укоренения на среде по Зленко и др., имели лучшие показатели роста и развития, были существенно больше показатели: высота микропобегов, количество листьев и была лучше развита корневая система микрорастений.

Адаптация растений-регенерантов к условиям *in vivo* является одним из самых ответственных и трудоемких этапов, который завершает весь процесс размножения *in vitro* и в случае массовой гибели растений может значительно понизить эффективность всего процесса микроразмножения [8].

Для адаптации микросаженцев разными исследователями предложено множество вариантов почвосмесей [9–11].

Изучение почвосмесей при адаптации микросаженцев винограда культурного в условиях Удмуртской Республики было выявлено, что лучшими являются субстраты, приготовленные

на основе верхового торфа, обладающие оптимальным сочетанием агрофизических свойств, в частности, «Садовая земля» ЗАО «МНПП «ФАРТ» [12].

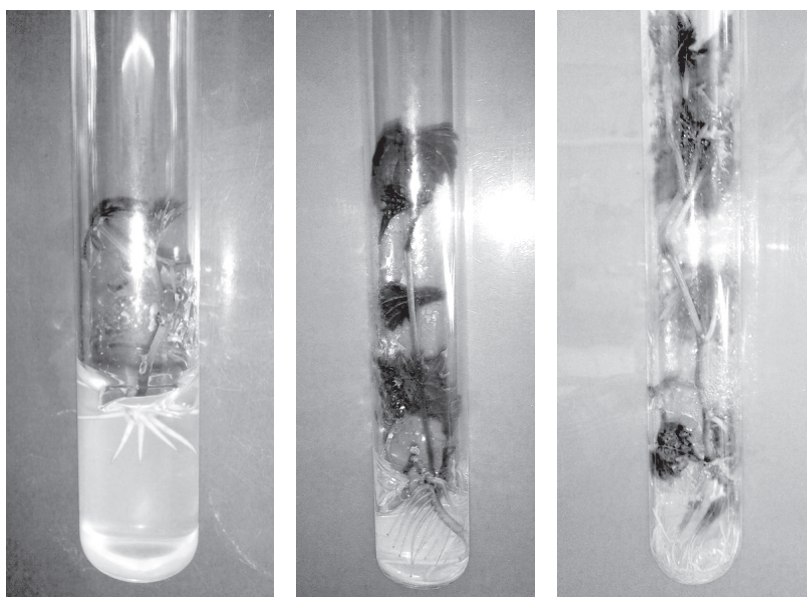
А. Б. Бургутин [13] предложил вариант адаптации, когда растения проходят предпосадочную подготовку в условиях пробирки. С тех пробирок, в которых микрорастения достигли пробки, последние удаляются. Чтобы предотвратить появление плесени на агаризованной среде, достаточно 3–4 раза за 1,5–2 недели увлажнять поверхность агара. В конце этого периода верхушка растения и 1–2 развернутых листочка будут вне пробирки. Посадку в почвенный субстрат следует проводить так, чтобы над поверхностью оставалась верхушка с 1–2 развернутыми листовыми пластинками. Однако, данная схема укоренения микрочеренков, адаптации микрорастений является продолжительной и трудоемкой, предполагает наличие теплицы.

Для снижения затрат и повышения эффективности технологии микроклонального размножения винограда, нами был испытан способ ускоренной адаптации. Были получены положительные результаты по выведению на адаптацию укоренившихся черенков винограда через очень короткий промежуток времени после посадки на укоренение. По общепринятой методике на адаптацию выводят через 30–60 суток. Нами была получена 100% адаптация укоренившихся черенков на обеззараженном растворе перманганата калия почвенном субстрате на основе торфа («Садовая земля», вермикулит, 1:0,3) при выведении на адаптацию через 13 суток культивирования на питательной среде для укоренения. Морфометрические параметры укоренившихся микрочеренков и внешний вид приведены в табл. 3 и на рис. 1.

Таблица 3

Характеристика микрорастений винограда на этапе адаптации, 2016 г.

Продолжительность укоренения <i>in vitro</i> , суток	Морфометрические параметры		
	высота побегов, мм	количество листовых пластинок, шт.	корневая система, мм
13	2–3	2–3	корни длиной до 10–15, боковые корни отсутствуют
33	до 80	до 5	корни длиной до 40–70, начало образования боковых корней
44	до 100	6–7	более развитая корневая система, длина корней 70–120



а

б

в

Рис. 1. Микрорастения винограда перед высадкой на адаптацию: а — через 13 суток культивирования; б — через 33 суток; в — через 44 суток

Таким образом, на основании наших исследований по микрклональному размножению *Vitis vinifera* L. сорта Памяти Домбковской при его интродукции в условиях Среднего Предуралья, мы можем сделать следующие выводы:

1. Оптимальной средой для введения в культуру винограда является среда Мурасиге и Скуга с пониженным содержанием макроэлементов (40% приживаемость);
2. На этапе микроразмножения для роста и развития регенерантов целесообразно использовать питательную среду с содержанием цитокинина 6-БАП в концентрации 1 мг/л;
3. Наилучшей питательной средой для укоренения является среда по прописи Зленко и др, на которой достигается лучшее развитие микрорастений;
4. Для повышения эффективности микрклонального размножения, выведение на адаптацию пробирочных растений следует производить после 13 суток культивирования *in vitro* на этапе укоренения, что позволяет сократить период укоренения в 2–4 раза по сравнению с общепринятой методикой с сохранением высокой приживаемости растений (100%).

Список литературы

5. Зленко В. А., Котиков И. В., Трошин Л. П. Методы *in vitro* для размножения оздоровленного посадочного материала винограда. Виноделие и виноградарство, 2003, № 3, 38–39.
6. Бунцевич Л. Л. Введение новых сортов винограда в культуру *in vitro*. Научный журнал КубГАУ, 2016, № 123(09), 1–8.
7. Медведева Н. И., Поливара Н. В., Трошин Л. П. Методические рекомендации по микрклональному размножению винограда *in vitro*. Научный журнал КубГАУ, 2010, № 62(08), 1–13.
8. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе, 1999, 160.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований), 1985, 5-е изд, 351.
10. Батукаев А. А., Зармаев А. А., Батукаев М. С. Использование регуляторов роста в системе производства оздоровленного посадочного материала винограда. Труды БГУ, 2013, Т. 8, часть 2, 43–47.
11. Матушкина О. В., Пронина И. Н., Ткачѳв Е. Н. Витрификация побегов *in vitro*: анатомическое строение и возможные пути решения проблемы. НТП Земледелие и растениеводство, 2012, № 9, 58–60.
12. Тимофеева О. А., Невмержицкая Ю. Ю. Клональное микроразмножение растений. 2012, 56 с.
13. Олешук Е. Н., Янчевская Т. Г. Ускорение процессов адаптации *in vivo* и развития микросаженцев винограда на ионообменном субстрате, электронный ресурс, <http://conference.2010.narod.ru/Olesh/Olesh.doc>.
14. Баранова О. Г. и др. Основы микроразмножения редких растений. 2009.
15. Дорошенко Н. П., Кострикин И. А. Клональное микроразмножение столового винограда сорта Агат донской. Садоводство и виноградарство, 1989, № 3, 37–40.
16. Федоров А. В., Леконцева Т. Г. Размножение винограда *in vitro* при интродукции в условиях Удмуртии. Сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира», 2010, 288–291.
17. Бургутин А. Б. Микрклональное размножение винограда. Биология культивируемых клеток и биотехнология растений, 1999, 216–220.

Активация синтеза фенольных соединений в каллусной культуре красной фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) с помощью экзогенной салициловой кислоты

Кабашникова Л. Ф., Макаров В. Н., Савченко Г. Е.

Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
kabashnikova@mail.ru

Резюме. Подобраны смеси гормонов и ростовых веществ для получения каллусной массы из листьев и гипокотилей стерильных проростков красной фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.). Установлено стимулирующее влияние экзогенной салициловой кислоты (СК) на накопление фенольных соединений в развивающихся на свету каллусных тканях. Степень активации зависела от способа обработки: при кратковременном воздействии (30 или 60 мин) водного раствора СК содержание фенолов увеличивалось в 3 или 4 раза по сравнению с контролем, а в случае постоянного присутствия СК в среде выращивания каллусов — только в 2 раза. Предполагается, что активация синтеза фенолов связана с уменьшением оттока фенилаланина как общего предшественника всех фенольных соединений в цепь биосинтеза СК.

Exogenic salicylic acid promotes the synthesis of phenolic compounds in the callus culture of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Kabashnikova L. F., Makarov V. N., Savchenko G. E. **Summary.** The composition of hormones and growth regulators was set to initiate callus formation from the leaves and hypocotyls of sterile seedlings of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The stimulating effect of an exogenous salicylic acid (SA) on the accumulation of phenolic compounds within the light-grown callus tissues was demonstrated. The activation level exhibited dependency on the handling procedure. Thus, compared to the controls, the content of phenols increased 3 or 4 times after the short-time (30 or 60 min, respectively) contact with aqueous SA, and only 2-times increase was observed in the case when SA has been constantly present in the callus medium. It could be supposed that the synthesis of phenols is activated due to the fact that less phenylalanine, the general precursor of the phenolic pool, is consumed for the SA biosynthesis.

Разработка новых видов пищевой продукции профилактического и радиопротекторного действия с использованием антиоксидантных субстанций растительного происхождения — актуальная задача современной биотехнологии. Наиболее ценными веществами с антиоксидантными свойствами являются разные классы полифенольных соединений — ресвератрол, антоцианы, другие флавоноиды. Оптимальным подходом к наработке растительных антиоксидантов полифенольной природы является повышение интенсивности их синтеза как в растительных объектах *in vivo*, так и в культуре тканей, основанное на фундаментальных знаниях механизмов индукции синтеза этих вторичных метаболитов. В настоящей работе изучена возможность метаболической регуляции общего содержания полифенолов в культуре ткани с помощью салициловой кислоты (СК) — фенольного соединения, обладающего свойствами фитогормона и способного функционировать в растении в качестве компонента сигнальных систем клеток, эффективного при разного рода стрессах [1]. Известно, что при действии экзогенной СК

возрастает устойчивость растений к разного рода стрессорам, что связывают в том числе и с изменениями в антиоксидантной системе растительных клеток.

Решение поставленной задачи связано, прежде всего, с выбором растительного объекта и получением стерильной культуры из нестерильных семян. Мы использовали в своей работе растения красной фасоли как один из хороших источников полифенольных соединений, решив сначала проблему получения стерильных растений. Известно, что в условиях культуры *in vitro* стимуляция производства и накопления вторичных метаболитов непосредственно связана с составом питательной среды и наличием в ней определенного соотношения веществ гормональной природы. В наших экспериментах среды для развития каллуса подбирали экспериментально, опираясь на данные литературы [2, 3]. Каллусные ткани сначала выращивали в течение 30 дней в термостате в отсутствие освещения, затем — на свету на фоне разной по продолжительности обработки водными растворами СК или без нее. Отбор каллусных масс для анализа проводили через 15 суток после последнего пассажа. Фенольные соединения экстрагировали из свежей каллусной массы 80%-ным этанолом. Для полного извлечения пигментов растертый с песком гомогенат выдерживали в течение 2 ч при 40°C, встряхивая смесь каждые 15 мин. Содержание полифенолов в осветленных центрифугированием экстрактах определяли спектрофотометрически с помощью реактива Фолина-Дениса [4] в расчете на единицу сырой массы в эквиваленте галловой кислоты.

На рис. 1 показан результат действия освещения в течение 15 суток на каллусную колонию. Визуальным показателем накопления полифенолов служило изменение окраски до разных оттенков бурого цвета вследствие накопления полифенолов. В световых условиях пролиферация клеток замедлялась по сравнению с наблюдаемой при этиоляции, о чем свидетельствует уменьшение размеров, массы колоний, их консистенции и даже появление некротических повреждений каллусной ткани. Замедление роста колонии, возможно, является следствием возрастания содержания полифенолов, которое в условиях нашего эксперимента увеличилось более чем в 10 раз по сравнению с темновым вариантом (табл. 1).

Обработка каллусных тканей, выращенных в темноте, растворами СК приводила к еще более существенному возрастанию содержания фенольных соединений. В табл. 2 приведены результаты влияния разных концентраций СК (10^{-5} и 10^{-6} М), добавленных в среду выращивания, на общее содержание полифенолов. Видно, что увеличение концентрации СК на порядок (от 10^{-6} до 10^{-5} М) вызывало примерно одинаковое (почти 2-кратное) возрастание содержания фенольных соединений в расчете на единицу массы каллусной ткани, хотя колонии при этом достаточно заметно различались по средней массе и внешнему виду (рис. 2). Кратковременное воздействие (30 или 60 мин) водного раствора СК (10^{-6} М) активировало синтез полифенолов в еще большей степени, чем постоянное присутствие СК той же концентрации в среде выращивания: содержание фенолов увеличивалось при кратковременном воздействии СК в 3 или 4 раза при воздействии СК 30 или 60 мин, соответственно, по сравнению с контролем (табл. 3), что хорошо прослеживается и визуально (рис. 3).

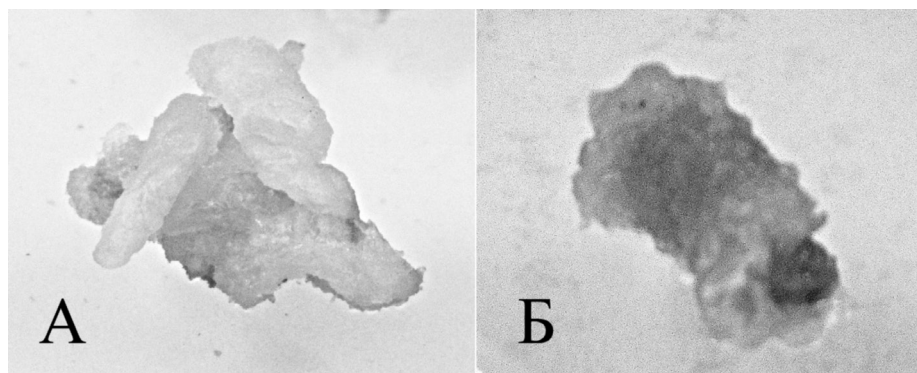


Рис. 1. Каллус из стеблевого экспланта красной фасоли, выращенный на среде Мурасиге-Скуга в темноте (А) или на свету (Б)

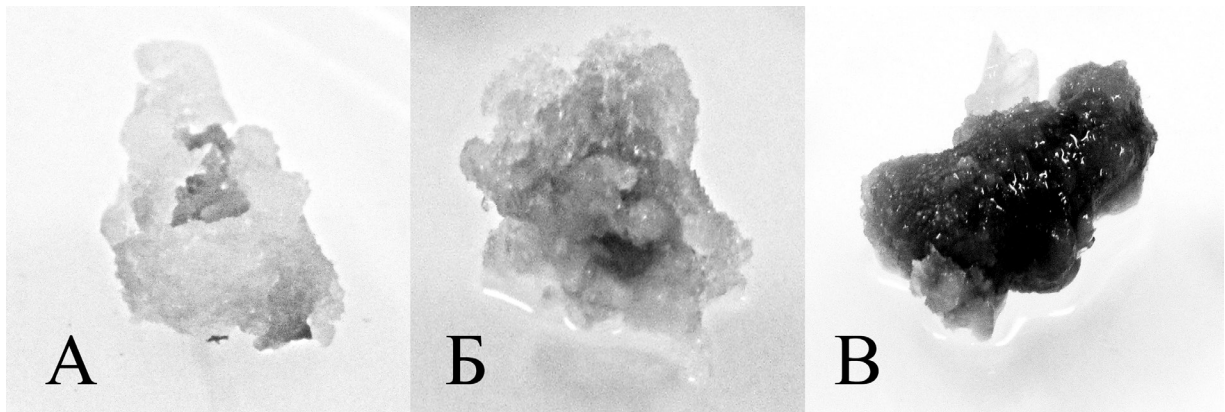


Рис. 2. Вид каллусных колоний из стеблевого экспланта красной фасоли, растущих на свету в течение 15 суток на среде Мурасиге-Скуга в отсутствие СК — А, а также с добавлением в среду выращивания водного раствора СК: Б — 10^{-6} М, В — 10^{-5} М

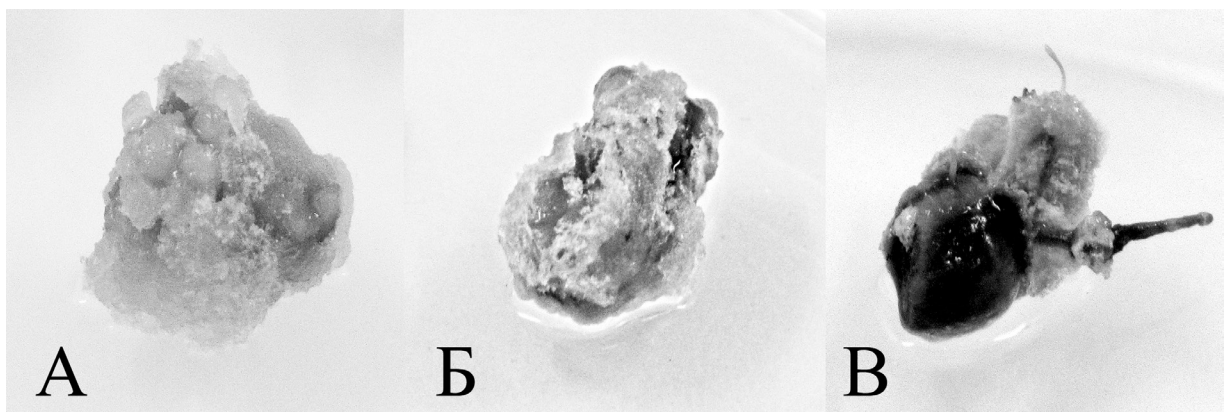


Рис. 3. Вид каллусных колоний из стеблевого экспланта красной фасоли после выращивания в течение 15 суток на свету на среде Мурасиге-Скуга в отсутствие в среде салициловой кислоты (СК) — А, а также после инкубации каллусной массы в течение 30 мин (Б) и 60 мин (В) в растворе, содержащем 10^{-6} М СК

Таблица 1

Влияние освещения (15 суток) на содержание полифенолов в каллусных тканях красной фасоли, предварительно выращивавшихся в течение 30 суток в темноте

Условия выращивания	Сырая масса колонии, мг	Полифенолы, мкг/г сырой массы (в эквиваленте галловой кислоты)
Темнота	185,0±10,3	6,7±0,35
Свет	155,4±9,6	74,0±7,0

Таблица 2

Влияние салициловой кислоты (СК), содержащейся в среде выращивания, на содержание полифенолов в каллусных тканях красной фасоли

Содержание СК, М	Сырая масса колонии, мг	Полифенолы, мкг/г сырой массы (в эквиваленте галловой кислоты)
0	150,2±9,5	75,8±5,3
СК 10^{-6}	129,1±8,3	177,5±9,2
СК 10^{-5}	267,3±12,1	168,3±8,4

Таблица 3

Влияние времени инкубации каллусных тканей красной фасоли на растворе салициловой кислоты (СК, 10^{-6} М) на содержание полифенолов

Продолжительность инкубации на растворе СК, мин	Сырая масса колонии, мг	Полифенолы, мкг/г сырой массы (в эквиваленте галловой кислоты)
0	146,3±10,2	69,7±4,5
30	277,2±18,4	223,5±13,4
60	257,0±15,6	282,9±19,8

Полученные результаты свидетельствуют о значительной активации биосинтеза фенольных соединений под влиянием экзогенной СК в культуре тканей фасоли. При этом выявлены некоторые важные особенности этого процесса: постоянное присутствие СК в среде выращивания оказалось менее эффективным, чем кратковременная обработка СК. Обнаруженное нами 3–4-кратное возрастание содержания полифенолов значительно превышало эффект усиления синтеза фенольных соединений, наблюдавшийся в каллусной культуре чайного растения после обработки каллусной массы водным раствором СК (10^{-6} М) в течение 60 мин [5]. Активирование синтеза фенольных соединений в культуре ткани можно связать с метаболической регуляцией биосинтеза СК: под действием экзогенной СК снижается синтез эндогенного салицилата на уровне разветвления цепи, ведущего от фенилаланина к салицилату, и в результате уменьшения оттока этого общего предшественника всех фенольных соединений в цепь биосинтеза СК усиливается синтез других фенольных соединений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Б16-102).

Список литературы

1. Тарчевский И. А. Сигнальные системы клеток растений. М.: Наука, 2002, 294 с.
2. El-Baz F. K., Mohamed A. A., Ali S. I. Callus formation, phenolics content and related antioxidant activities in tissue culture of a medicinal plant colocynth (*Citrullus colocynthis*) // Nova Biotechnologica, 2010, Vol. 10, N2, P. 79–94.
3. Bagratishvili D., Rusudan J. Formation of phenolic compounds in callus culture from *Rhododendron caucasicum* Pall. and influence of hormonal effectors on the process. Bull. Georg. Natl. Acad. Sci., 2015, Vol. 9, N. 2, P. 105–109.
4. Naz S., Ali A., Iqbal J. Phenolic content *in vitro* cultures of chick pea (*Cicer arietinum* L.) during callogenesis and organogenesis // Pac. J. Bot. — 2008. — Vol. 40, N 6. — P. 2525–2539.
5. Нечаева Т. Л., Загоскина Н. В. Кратковременное действие салициловой кислоты на накопление фенольных соединений в фотомиксотрофной каллусной культуре чайного растения // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты. Материалы докладов VIII Международного симпозиума. Москва, 2012, С. 400–404.

Выделение и анализ состава куркуминоидов в экстрактах корневища *Curcuma longa*

Капустин М. А.¹, Харьковская А. О.², Чубарова А. С.¹, Курченко В. П.¹

¹ Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь, taximkapustin84@gmail.com

² Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

Резюме. Предложена методика выделения и метод оценки качественного и количественного состава куркуминоидов в экстрактах порошка корневища *Curcuma longa* L. Показана сравнительная экстрактивная способность и специфичность ряда растворителей при выделении куркуминоидов из корневища куркумы. Наиболее эффективными экстрагентами являются метанол и ацетон. Предложен метод качественной и количественной оценки содержания куркуминоидов в сырье и в экстрактах. Показано, что методом спектрофотометрии нельзя объективно оценить общее содержание куркуминоидов в сырье и экстрактах. Метод ВЭЖХ на обратно фазной колонке позволяет в течение 10 минут провести высокоточное определение качественного и количественного состава куркуминоидов в исследуемых образцах.

Isolation and analysis of the composition of curcuminoids in extracts of rhizomes of *Curcuma longa*. Kapustin M. A., Kharkovskaya A. O., Chubarova A. S., Kurchenko V. P. **Summary.** The isolation procedure and a method for estimating the qualitative and quantitative composition of curcuminoids in extracts of rhizome powder *Curcuma longa* L. are proposed. The comparative extractive capacity and specificity of a number of solvents in the isolations of curcuminoids from the root of turmeric are shown. The most effective extractants are methanol and acetone. A method for qualitative and quantitative assessment of the content of curcuminoids in raw materials and extracts is proposed. It is shown that it is impossible to objectively estimate the total content of curcuminoids in raw materials and extracts using spectrophotometry methods. The HPLC method on the reverse phase column allows a high-precision determination of the qualitative and quantitative composition of curcuminoids in the test samples within 10 minutes.

Лекарственные растения являются ценнейшим источником биологически активных соединений, синтезируемых в процессе вторичного метаболизма. Эти соединения обладают выраженным терапевтическим действием и обуславливают широкое применение различных препаратов на основе растительного сырья для лечения функциональных расстройств организма человека и животных. В последние несколько десятилетий, в результате неуклонно ухудшающейся экологической обстановки и интенсивного антропогенного воздействия из природных фитоценозов исчезают дикорастущие лекарственные растения, что вызывает сокращение природных промышленных зарослей лекарственного сырья. В связи с этим, перспективным представляется новый подход к использованию в фармации некоторых культивируемых пищевых растений пряно-ароматического ряда. Такой подход имеет ряд преимуществ: достаточная сырьевая база, возможность проведения селекции и отбора сортов с повышенным содержанием действующих веществ, размещение посадочных площадей в оптимальных почвенно-клима-

тических зонах и пр. [1]. В ходе биотехнологического производства вторичных метаболитов в промышленных масштабах, важными являются вопросы оценки готовности растительного материала и методы отслеживания динамики накопления вторичных метаболитов в органах и тканях растения, а также подбор простых и недорогих методов выделения целевых соединений.

В последнее время значительно возросло количество исследований, направленных на изучение свойств биологически активных веществ, содержащихся в корневище куркумы (*Curcuma longa* L.). Основными активными веществами куркумы являются диарилгептаноиды — куркумин (С), деметоксикуркумин (DMC) и бисдеметоксикуркумин (BDMC), а также эфирное масло [2]. Препараты куркуминоидов обладают различными биологическими активностями: антиоксидантной, противораковой, антирадикальной, гепа-топротекторной и пр. Лекарственные композиции на основе куркуминоидов обладают высоким терапевтическим потенциалом. Применение препарата диарилгептаноидов в качестве добавок в составе функционального питания, самостоятельной лекарственной субстанции, в составе БАД, применяемых в комплексной терапии позволит повысить иммунный статус организма и предотвратить развитие заболеваний, а также увеличить эффективность лечения традиционными медицинскими препаратами.

Целью исследования являлось разработать методику выделения суммарного препарата куркуминоидов из порошка корневища *Curcuma longa* и провести качественный и количественный анализ куркуминоидов в полученных экстрактах методами спектрофотометрии и ВЭЖХ. Для сравнения эффективности экстракции мы использовали 5 растворителей: 1) ацетон (ХЧ), 2) этиловый спирт 96% (Люкс), 3) метанол (ХЧ), 4) гексан (ХЧ), 5) хлороформ (ХЧ). Экстракцию проводили в течение 1 часа при температуре 40°C, при соотношении экстрагент : растворитель 1:10 (0,5 г порошка корневища куркумы и 5 мл растворителя).

Анализ полученных экстрактов проводили спектрофотометрическим методом и на системе ВЭЖХ Agilent 1100/1200. На рис. 1 приведены спектры поглощения стандартного раствора куркуминоидов и этанольного экстракта порошка корневища куркумы. Из приведенных данных видно, что в экстрактах присутствует большое число примесных соединений, которые не позволяют выделить пик поглощения ЭМИ, характерный для куркуминоидов и проводить анализ спектрофотометрическим методом не представляется целесообразным. Разведение полученных экстрактов не привело к изменениям в разрешении пиков спектра.

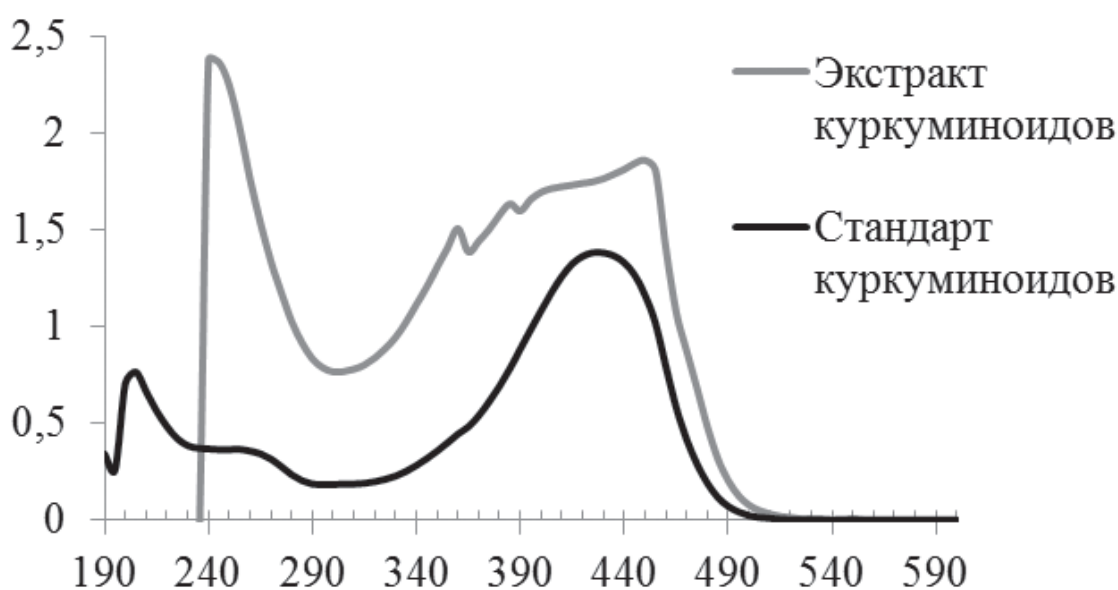


Рис. 1. Спектры поглощения стандартного раствора куркуминоидов и экстракта порошка корневища куркумы. Все образцы растворены в 96% этиловом спирте

Для анализа методом ВЭЖХ из всех образцов отобрали по 1 мл экстракта. Затем все образцы были высушены и переведены в раствор 96% этилового спирта. Конечный объем проб составил 1 мл. Анализ качественного и количественного состава куркуминоидов проводили методом ВЭЖХ с использованием хроматографической системы Agilent 1100/1200 Series, оборудованной диодно-матричным детектором, на обратно-фазной колонке Zorbax SB-C18 (3.5 мкм, 3.0×150 мм) в изократическом режиме. В качестве подвижной фазы использовали смесь ацетонитрил/вода/уксусная кислота. Температура колонки — 25°C. Объем вводимого образца — 1 мкл. Детекцию куркуминоидов проводили на длине волны 425 нм. Время анализа одного образца составило не более 10 минут. Количественное определение индивидуальных соединений в образцах определяли методом калибровочных кривых. На рис. 2 приведена типичная хроматограмма полученных экстрактов порошка корневища куркумы и спектры поглощения индивидуальных куркуминоидов. Из рисунка видно, что при хроматографическом разделении в изократическом режиме наблюдается полное разрешение пиков BDMC, DMC и C, время выхода которых составило 4.57, 5.13, 5.75 мин. соответственно. В спектрах поглощения этих куркуминоидов наблюдаются незначительные различия в области пика 200–280 нм. Максимум погло-

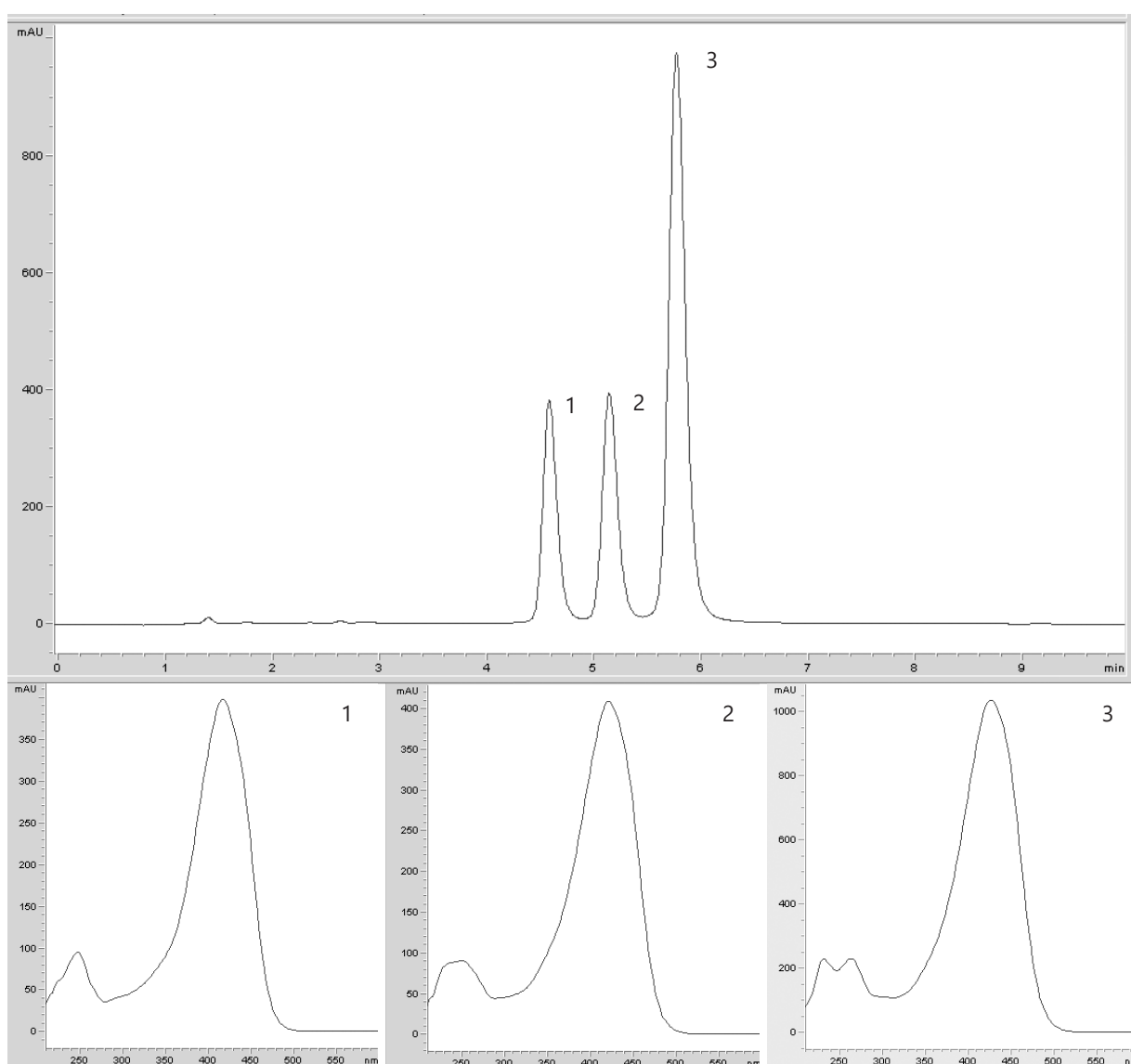


Рис. 2. ВЭЖХ-хроматограмма экстракта порошка корневища куркумы и спектры поглощения индивидуальных куркуминоидов: 1 — BDMC; 2 — DMC; 3 — C

щения второго пика наблюдается на длинах волн 419, 422 и 425 нм для BDMC, DMC и C соответственно.

Анализ полученных экстрактов методом ВЭЖХ показал, что ацетон, этанол, метанол и хлороформ пригодны для проведения извлечения куркуминоидов из порошка корневища куркумы. В экстрактах, полученных с использованием этих растворителей, обнаруживаются значительные количества куркуминоидов. При использовании в качестве экстрагента гексана, в экстракт переходят лишь следовые количества куркуминоидов.

В табл. 1 приведены концентрации индивидуальных куркуминоидов и их суммарная концентрация в полученных экстрактах.

Таблица 1

Концентрация отдельных куркуминоидов в экстрактах, полученных с использованием различных органических растворителей по результатам анализа ВЭЖХ, мкг/мл

Экстрагент	BDMC	DMC	C	Сумма куркуминоидов
ацетон	463,964±1,820	1061,349±4,870	1467,186±5,302	2992,499±11,991
этанол 96%	448,818±9,348	1006,876±19,177	1376,622±26,031	2832,315±54,555
метанол	517,794±12,020	1136,618±26,270	1535,625±34,374	3190,038±72,664
гексан	0,218±0,012	3,396±0,036	2,427±0,015	6,040±0,033
хлороформ	360,433±3,192	947,013±1,535	1354,036±2,007	2661,482±2,720

Наиболее эффективное извлечение куркуминоидов наблюдается при использовании в качестве экстрагента метанола. На втором месте по эффективности экстракции располагается ацетон. Далее следуют этанол и хлороформ. Различия в содержании суммы куркуминоидов между метанольным и ацетоновым экстрактами составляют 6.2%, между ацетоновым и этанольным экстрактами — 5%, а между этанольным и хлороформенным экстрактами — 6%. Следует отметить, что наибольшая растворимость сухого препарата куркуминоидов, в линейке использованных растворителей, наблюдается в ацетоне. При использовании этого растворителя удается приготовить 20% раствор. Корреляции же между растворимостью куркуминоидов в ацетоне и динамикой экстракции куркуминоидов из порошка корневища куркумы не наблюдалось.

В линейке исследованных растворителей не наблюдалась специфичность экстракции куркумина, деметоксикуркумина и бисдеметоксикуркумина из порошка корневища куркумы при вышеуказанных условиях экстракции. Изменения содержания всех трех куркуминоидов в экстрактах носили согласованный характер, в независимости от используемого экстрагента.

Таким образом, для экстракции куркуминоидов из порошка корневища куркумы подходят метанол, ацетон, этанол и хлороформ. Различия между этими растворителями по динамике экстракции находятся в пределах 5–11%. Предложенный метод анализа позволяет проводить экспресс оценку качественного и количественного состава куркуминоидов в экстрактах, а при полной экстракции — и их содержания в сырье.

Список литературы

1. Капустин М. А. Оценка качества препаратов на основе куркуминоидов и их комплексов с циклодекстринами методом ВЭЖХ. Белорусские лекарства: сб. материалов Междунар. науч. конф., г. Минск, 17–18 ноября 2016 г. — Минск, 2016, — С. 86–91.
2. Гаврилин М. В. Содержание куркуминоидов в корневищах куркумы длинной. Фармация, 2010, № 3, — С. 30–32.

Воздействие наночастиц меди на протеомный статус душицы обыкновенной

Ковзунова О. В.¹, Решетников В. Н.¹, Азизбекян С. Г.²

¹ Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, РБ, *olga-kopa@mail.ru*

² Государственное научное учреждение «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси» г. Минск, РБ.

Резюме. Используя метод протеомного анализа определены белковые маркеры повышенного синтеза биологически активных веществ душицы обыкновенной, экспрессируемые в ответ на внекорневую обработку листьев препаратом наночастиц меди в различных концентрациях.

The effect of copper nanoparticles on the proteomic status of perennial pot. Kovzunova O. V., Reshetnikov V. N., Azizbekyan S. G. **Summary.** Using the method of proteomic analysis, protein markers of enhanced synthesis of the active ingredients of the common grapefruit are determined, expressed in response to foliar treatment of leaves with a preparation of copper nanoparticles in various concentrations.

Вторичные метаболиты растений представляют собой богатейший источник полезных для человека веществ, прежде всего медицинского назначения: антибактериальных, антифунгальных, противовирусных, противоопухолевых и т. д. Однако получить низкомолекулярные биорегуляторы в промышленных масштабах не всегда возможно из-за их низкого содержания и сложности выделения из природных объектов, а также вследствие ограниченных запасов самих растений. В Беларуси заготовка дикорастущих лекарственных растений осложнена тем, что значительная часть территории закрыта для сбора сырья вследствие радиоактивного загрязнения. К тому же ряд лекарственных растений, содержащих уникальные биологически активные вещества (БАВ), не произрастают в нашем климате. За рубежом в последнее десятилетие традиционные солевые и хелатные формы микроудобрений вытесняются препаратами нового поколения на основе наночастиц микроэлементов (VI технологический уклад). Основное их преимущество — высокий эффект при существенно меньших удельных расходах за счет быстрого проникновения в клетку и создания эффекта «депо» микроэлементов.

Микроэлементы принимают активное участие во многих жизненно важных процессах, происходящих в растениях на молекулярном уровне. Действуя через ферментативные системы или непосредственно связываясь с биополимерами растений, микроэлементы могут стимулировать или ингибировать процессы роста, развития и репродуктивную функцию растений. В механизмах действия микроэлементов существенной является их способность давать, комплексные соединения с различными органическими веществами, в том числе с белками, активизировать определенные ферментные системы. Однако отмечается, что традиционные формы применения микроэлементов в виде солей и хелатных комплексов имеют ограничения в связи с факторами токсичности и нестабильности растворов (образование осадков) при изменении рН почвы [1].

Душица обыкновенная обладает отхаркивающим, потогонным, седативным, противовоспалительным, антисептическим, спазмолитическим, болеутоляющим, успокаивающим, желче-

гонным и слабым мочегонным действием. В химический состав душицы входят флавоноиды, горечи, дубильные вещества, фитонциды, эфирное масло, в котором присутствуют фенолы — карвакрол и тимол, обладающие сильным противомикробным свойством, а также витамины С (особенно в листьях), В1, и В2 [2,3].

Для направленного регулирования биосинтеза БАВ необходимо знать в деталях не только метабомику целого лекарственного растения, но и определяющие данную метабомику протеомику. Сегодня применение новейших современных подходов к исследованию протеома и метаболома лекарственных растений позволяет углубить фундаментальные знания о биосинтетических циклах и механизмах, ответственных за продукцию БАВ в растениях.

Используя метод ТХУ-ацетоновой преципитации [4], нами были выделены общие пулы белков из листьев душицы обыкновенной, обработанной раствором наночастиц элементов меди в трех исследуемых концентрациях: 1) $15,75 \times 10^{-6}\%$; 2) $31,5 \times 10^{-6}\%$; 3) $63 \times 10^{-6}\%$.

Методом 1 D-электрофореза были получены протеомные карты душицы обыкновенной при воздействии препарата наночастиц меди и проведен их сравнительный анализ (рис. 1). Обнаружены зоны (табл. 1), в которых присутствуют дифференциально экспрессируемые белки, претендующие на роль белков-маркеров функционального состояния душицы обыкновенной при внекорневой обработке препаратом наночастиц меди.

Были выявлены белки с молекулярной массой от 102,5 до 9,9 KDa. Экспрессия белков с одинаковой молекулярной массой у разных видов значительно отличалась.

Протеомный анализ общего пула клеточных белков душицы лекарственной при воздействии препарата наночастиц меди выявил белки-маркеры, не характерных для растений, культивируемых без обработки наночастицами меди.

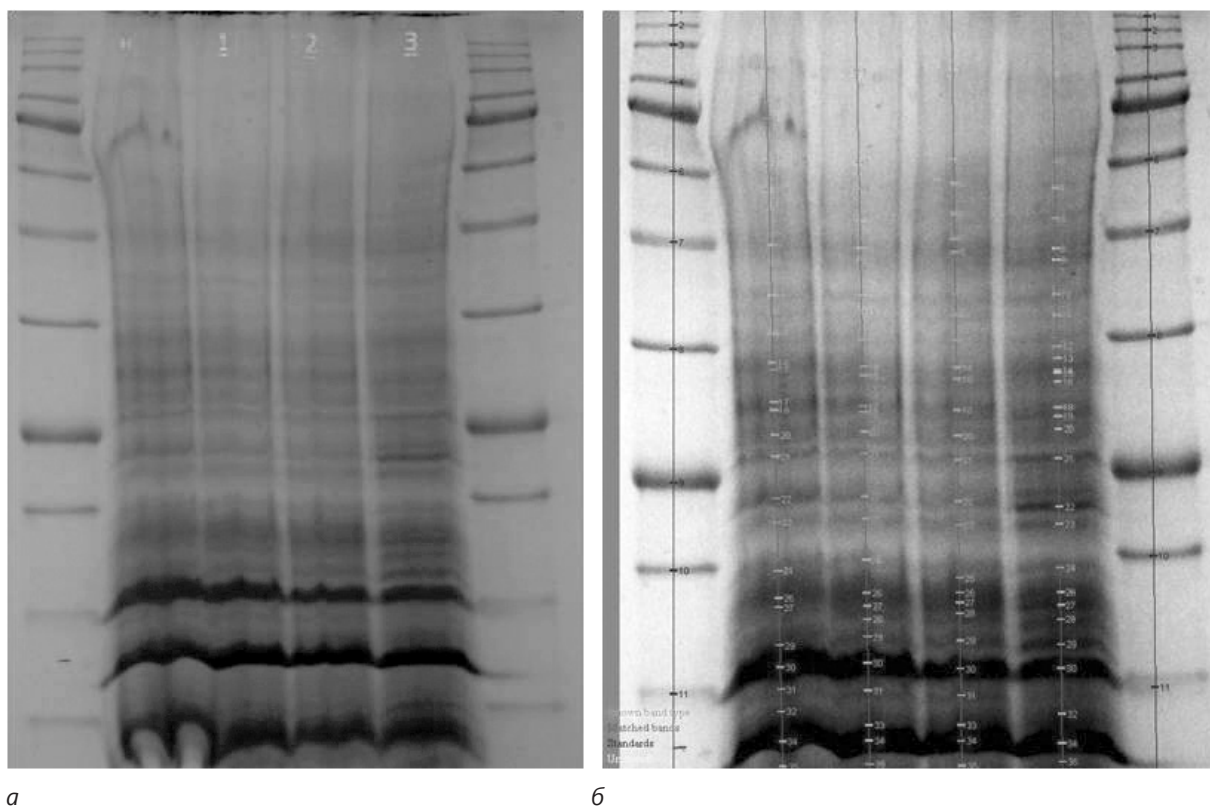


Рис. 1. 1-D-электрофореграмма общего пула клеточных белков душицы обыкновенной: К — контроль; 1 — концентрация препарата наночастиц меди $64 \times 10^{-6}\%$; 2 — концентрация препарата наночастиц меди $32 \times 10^{-6}\%$; 3 — концентрация препарата наночастиц меди $16 \times 10^{-6}\%$; (а — необработанный; б — обработанный с помощью программы Quantity One)

Таблица 1

Разделение общего пула клеточных белков душицы обыкновенной по молекулярным массам при воздействии модификатора метаболизма при 1-D-электрофорезе

Молекулярная масса, KDa	Концентрация препарата наночастиц меди			
	Контроль	$64 \times 10^{-6}\%$	$32 \times 10^{-6}\%$	$16 \times 10^{-6}\%$
102,5	+	+	+	+
72,1	-	+	-	-
62,8	+	+	+	+
56,7	+	+	+	+
53,2	-	+	-	-
50,6	+	+	+	+
46,8	-	+	+	+
45,6	+	+	+	+
44,1	+	+	+	+
39,7	+	+	+	+
37,3	+	+	+	+
34,1	+	+	+	+
32,1	+	+	+	+
31,9	+	+	+	+
31,2	+	+	+	+
31,1	+	+	+	+
30,0	-	+	+	-
29,3	+	+	+	+
28,7	+	+	+	+
27,8	+	+	+	+
25,78	+	+	+	+
22,7	+	+	+	+
21,7	+	+	+	+
19,7	+	+	+	+
19,4	-	-	+	-
19,1	+	+	+	+
18,8	+	+	+	+
18,4	+	+	+	+
17,9	+	+	+	+
17,3	+	+	+	+
16,4	-	+	+	+
15,2	+	+	+	+
14,6	-	-	+	+
13,7	+	+	+	+
12,8	+	+	+	+
12,1	+	+	+	+
11,6	+	+	+	+
11,0	+	+	+	+
10,4	-	+	-	-
9,9	+	+	+	+

Примечание: жирным выделены белки, возможно, отвечающие за повышенный синтез вторичных метаболитов.

Были обнаружены 8 белков, экспрессируемые в ответ на внесение препарата наночастиц меди, возможно, отвечающих за повышенный синтез вторичных метаболитов.

Для душицы обыкновенной было выявлено восемь белков, не экспрессируемые в контроле (растения без обработки наночастицами меди). Белки с молекулярной массой 30,0; 16,4; 46,8; 14,6 можно расценивать как белки-маркеры душицы обыкновенной, появляющиеся при воздействии модификатора метаболизма.

Белки с молекулярной массой 72,1; 53,2; и 10,4 характерны лишь при обработке растений препаратом наночастиц меди с концентрацией $64 \times 10^{-6}\%$, а при концентрации наночастиц $32 \times 10^{-6}\%$ — маркерными белками можно считать белки с Mr 19,4 KDa.

В результате проведенных нами исследований можно сделать заключение о том, что внекорневая обработка лекарственного растения душицы обыкновенной препаратом наночастиц меди, приводит к изменениям в протеоме растений. Белки с молекулярными массами 72,1; 53,2; 30,0; 16,4; 46,8; 19,4; 14,6; 10,4 можно расценивать как белки-маркеры, экспрессируемые в ответ на обработку препаратом наночастиц меди, и возможно, отвечают за повышенный синтез вторичных метаболитов в листьях душицы обыкновенной.

Список литературы

1. Домаш В. И., Шарпио Т. П., Забрейко С. Д., Иванов О. А., Азизбеян С. Г., Набиуллин А. Р. Био-препараты для повышения продуктивности и устойчивости растений к стрессам. Органическое сельское хозяйство Беларуси: перспективы развития. Материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 2012, С. 29–32.
2. Карпук В. В. Фармакогнозия: учебное пособие. Минск: БГУ, 2011, С. 150–151
3. Путырский И. Н., Прохоров В. Н. Универсальная энциклопедия лекарственных растений. Мн.: книжный дом; М. Махаон, 2000, С. 128–130.
4. Verpoorte, R. Biotechnology for the production of plant secondary metabolites. *Phytochem. Rev*, 2002, Vol. 1, P. 13–25.

Влияние наночастиц металлов на протеомный статус представителей рода *Silene* L.

Ковзунова О. В.¹, Эрст А. А.², Азизбемян С. Г.³

¹ Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, РБ, olga-kopa@mail.ru

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный сибирский ботанический сад сибирского отделения российской академии наук, г. Новосибирск, РФ

³ Государственное научное учреждение «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси» г. Минск, РБ

Резюме. Методом 1D-электрофореза получены протеомные карты «hairy roots» *Silene linicola*, *Silene sendtneri*, *Silene frivaldszkyana* при воздействии препарата «Наноплант — Co, Mn, Cu, Fe» выявил белки-маркеры, не характерных для «hairy roots», культивируемых без добавления препарата наночастиц элементов. Выявленные белки-маркеры, предположительно, отвечают за повышенный биосинтез биологически активных веществ.

Effect of metal nanoparticles on the proteomic status of representatives of the genus *Silene* L. Kovzunova O. V., Erst A. A., Azizbekyan S. G. **Summary.** Using the method of 1D-electrophoresis, proteoly cards «hairy roots» *Silene linicola*, *Silene sendtneri*, *Silene frivaldszkyana* were obtained by exposure to the preparation «Nanoplant-Co, Mn, Cu, Fe», markers that were not characteristic for «hairy roots», cultivated without addition of a preparation of nanoparticles of elements. Identified marker proteins, presumably, are responsible for the increased biosynthesis of biologically active substances.

Лекарственные растения являются природными источниками биологически активных веществ (БАВ), поэтому в настоящее время их широко применяют в медицине и различных отраслях промышленности [1]. Использование современных биотехнологических подходов может решить проблему доступности природных соединений для практического использования в промышленности нашей республики: возобновляемым источником ценных вторичных метаболитов могут стать культуры клеток и органов высших растений.

К сожалению, в настоящее время известны лишь единичные примеры успешного коммерческого применения растительных культур *in vitro*. Основными причинами сложившейся ситуации являются недостаточная продуктивность культур клеток по вторичным метаболитам и высокая стоимость выращивания. Для изменения биосинтетических способностей и повышения продуктивности клеток *in vitro* на один-два порядка используют как традиционные методы (селекцию продуктивных штаммов, оптимизацию сред, элиситирование, добавление предшественников синтеза), так и новейшие методы метаболической (суперэкспрессия генов белков, определяющих синтез целевого продукта) и генетической (получение трансформированных органов и растений) инженерий. Культура генетически трансформированных корней — перспективный источник ценных вторичных метаболитов, в частности фитоэкдистероидов, обладающих высокой гормональной активностью [1]. Культуры так называемых «бородатых» корней (hairy root) по продуктивности БАВ превосходят корни нормальных растений [2,3,4].

Клеточная биотехнология позволяет не только удешевить редкие и дорогостоящие лекарства, но и получить экологически чистые препараты более высокого качества за счет насыщения среды культивирования клеток не только микро — и макроэлементами, но и специальными веществами, способными направленно регулировать биосинтез биологически активных веществ.

Однако для грамотного контроля биосинтеза БАВ в клеточных «фабриках» представителей рода *Silene L.* необходимо знать в деталях не только метаболомику лекарственного растения, но и определяющие данную метаболомику исследуемых видов Смолевки — протеом.

В качестве потенциального регулятора метаболизма нами был рассмотрен комплексный препарат наночастиц «Наноплант — Co, Mn, Cu, Fe», в состав которого входят такие микроэлементы, как кобальт, марганец, медь и железо. Кобальт является необходимым микроэлементом растений. Он входит в состав важного витамина B12, при недостатке которого нарушаются процессы обмена веществ, в частности, ослабляется синтез белков. Также кобальт участвует в синтезе ДНК и клеточном делении и активирует ряд ферментов, в т. ч. дегидрогеназы, гидрогеназы, нитратредуктазы. Марганец, как и медь, играет важную роль в окислительно-восстановительных реакциях, протекающих в растении, входит в состав ферментов. Участвует в процессах фотосинтеза, дыхания, в углеводном и белковом обмене. Кроме того, марганец участвует в синтезе витамина С и ряда антиоксидантных витаминов. Железо, как и другие микроэлементы, входит в состав окислительно-восстановительных ферментов растений и участвует в синтезе хлорофилла, процессах дыхания и обмена веществ. Является составной частью дыхательных ферментов и отвечает за нормальный синтез ауксинов в растении.

Используя метод ТХУ-ацетоновой преципитации, нами были выделены общие пулы белков из генетически трансформированных корней трех представителей рода смолевка, асептически выращенных на среде МС растений рода *Silene L.*, а также корней, культивируемых на средах с добавлением в культуральную среду препарат «Наноплант — Co, Mn, Cu, Fe» в двух исследуемых концентрациях 0,01 и 0,015 мг/л.

Методом 1D-электрофореза были получены протеомные карты «hairy roots» *Silene linicola*, *Silene sendtneri*, *Silene frivaldszkyana* при воздействии препарата «Наноплант — Co, Mn, Cu, Fe» и проведен их сравнительный анализ (рис. 1).

Обнаружены зоны (табл. 1), в которых присутствуют дифференциально экспрессируемые белки, претендующие на роль белков-маркеров функционального состояния различных представителей рода Смолевка.

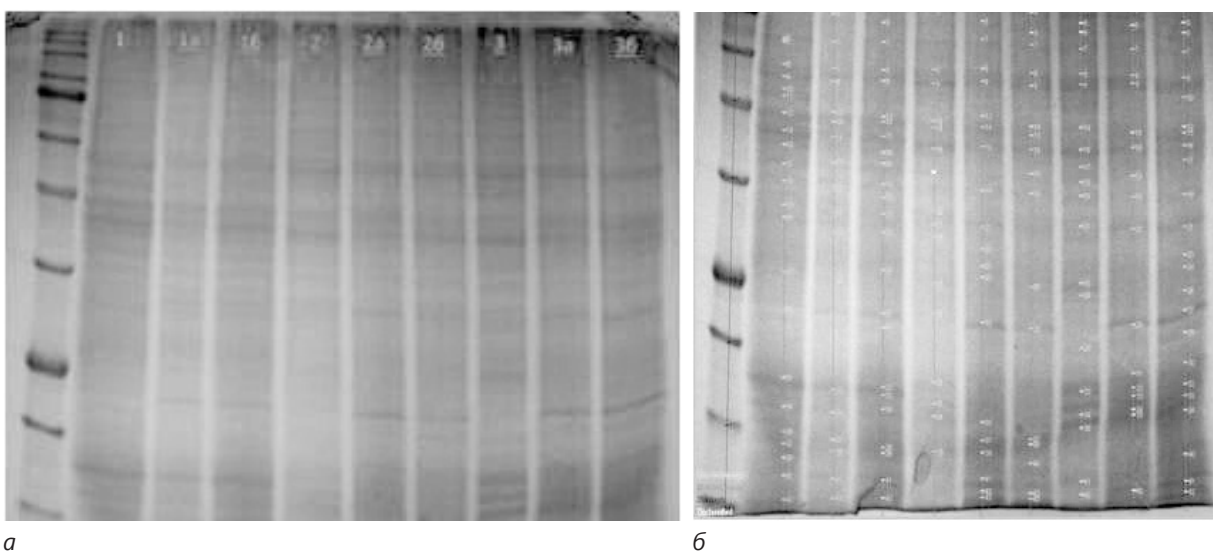


Рис. 1. 1D-электрофореграммы общего пула клеточных белков «hairy roots» *Silene linicola* (1), *Silene sendtneri* (2), *Silene frivaldszkyana* (3), а — концентрация препарата «Наноплант — Co, Mn, Cu, Fe» 0,01 мг/л среды; б — концентрация препарата «Наноплант — Co, Mn, Cu, Fe» 0,0015 мг/л среды (а — необработанный; б — обработанный с помощью программы Quantity One)

Таблица 1
Разделение общего пула клеточных белков «hairy roots»
Silene linicola, *Silene sendtneri* и *Silene frivaldszkyana* по молекулярным массам
при воздействии модификатора метаболизма при 1D-электрофорезе

Молекулярная масса, KDa	Контроль	Концентрация препарата 0,01 мг/л среды	Концентрация препарата 0,015 мг/л среды
Silene linicola			
44,9	–	+	+
38,4	–	–	+
29,4	–	+	–
28,1	–	–	+
24,8	–	+	–
21,3	–	–	+
18,1	–	+	+
17,8	–	–	+
14,9	–	–	+
Silene sendtneri			
66,7	–	+	–
66,5	–	–	+
66,0	–	+	+
45,9	–	+	–
40,3	–	–	+
34,7	–	–	+
32,0	–	+	+
26,7	–	+	–
25,6	–	+	–
21,3	–	+	+
17,3	–	+	–
15,3	–	+	+
14,9	–	–	+
13,7	–	–	+
12,9	–	+	–
12,0	–	+	+
11,4	–	+	+
Silene frivaldszkyana			
154,3	–	+	+
100,8	–	+	–
72,8	–	+	–
51,6	–	–	+
44,9	–	–	+
40,3	–	+	+
29,4	–	+	+
22,4	–	–	+
21,3	–	+	+
18,6	–	+	–
17,8	–	+	+
17,3	–	+	–
13,7	–	–	+

Примечание: жирным выделены белки, возможно отвечающие за повышенный синтез вторичных метаболитов.

Были выявлены белки с молекулярной массой от 154,3 до 11,4 KDa наблюдаемые у всех представителей рода Смолевка. Экспрессия белков с одинаковой молекулярной массой у разных видов значительно отличалась.

Протеомный анализ общего пула клеточных белков генетически трансформированных корней представителя рода Смолевка при воздействии препарата «Наноплант — Co, Mn, Cu, Fe» выявил белки-маркеры, не характерных для «hairy roots», культивируемых без добавления препарата наночастиц элементов.

Для вида *S. linicola* было выявлено девять белков, не экспрессируемые в корнях, культивируемых без добавления в культуральную среду препарата наночастиц элементов. Так, добавление препарата «Наноплант — Co, Mn, Cu, Fe» в концентрации 0,01 мг/л вызвало экспрессию 2 белков с Mr 29,4 и 24,8. А при концентрации 0,015 мг/л выявлены белки с Mr 38,4; 21,3; 17,8; 14,9 и 28,1, которые можно считать маркерными белками. Белки с молекулярной массой 44,9 и 18,1 можно расценивать как белки-маркеры «hairy roots» *S. linicola* при воздействии модификатора метаболизма.

Также была выявлена группа белков с молекулярными массами 66,0; 32,0; 21,3; 15,3; 12,0 и 11,4 которые синтезируются в рRi корнях вида *Silene sendtneri*, при добавлении в культуральную среду наночастиц металлов в любой концентрации. А вот белки с Mr 66,7; 45,9; 26,7; 25,6; 17,3 и 12,9 характерны при концентрации 0,01 мг/л, а белки с Mr 66,5; 40,3; 34,7; 14,9 и 13,7 при концентрации наночастиц 0,015 мг/л культивируемой среды. Для *S. frivaldszkyana* маркерными белками можно считать белки с Mr 100,8; 72,8; 18,6; 17,3 при концентрации 0,01 мг/л и 51,6; 44,9; 22,4 и 13,7 при концентрации 0,015 мг/л. Белки с молекулярной массой 154,3; 40,3; 29,4; 21,3 и 18,8 KDa отмечены лишь у представителей вида *S. frivaldszkyana* в ответ на внесение препарата «Наноплант — Co, Mn, Cu, Fe».

В результате проведенного исследования были обнаружены идентичные белки, экспрессируемые у каждого представителя, в ответ на внесение препарата «Наноплант — Co, Mn, Cu, Fe». Белки с молекулярными массами 44,9; 40,3; 29,4; 21,3; 17,3 и 13,7 можно отнести к белкам-маркерам, которые экспрессируются в ответ на внесение комплексного препарата наночастиц металлов «Наноплант — Co, Mn, Cu, Fe» и возможно, отвечающих за повышенный синтез ценных вторичных метаболитов.

Список литературы

1. Лафон, Р. Фитоэкидистероиды и мировая флора: разнообразие, распределение, биосинтез и эволюция / Р. Лафон // Физиология растений. — 1998. — Т. 45. — № 3. — С. 326–346.
2. Bonhomme, V. Tropane alkaloid production by hairy roots of *Atropa belladonna* obtained after transformation with *Agrobacterium rhizogenes* 15834 and *Agrobacterium tumefaciens* containing rol A, B, C genes only / V. Bonhomme [et al.] // Biotech. — 2000. — Vol. 81. — P. 151–158.
3. Guillon, S. Hairy root research: recent scenario and exciting prospects / S. Guillon [et al.] // Curr Opin Plant Biol. — 2006. — Vol. 9. — P. 341.
4. Gangopadhyay, A. Twin fetus in fetu in a child: a case report and review of the literature / A. Gangopadhyay [et al.] // J Med Case Reports. — 2010. — Vol. 4. — P. 96.

Стимуляция светодиодным освещением накопления фикоцианина и фенольных соединений в клетках *Spirulina platensis*

Козел Н. В., Данилина Н. И., Булда К. Ю.

Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
kmu@tut.by

Резюме. Показана перспективность направленной модификации спектрального состава фотосинтетически активного света с целью увеличения продукции клетками *Spirulina platensis* таких биологически ценных веществ, как фикоцианин и фенольные соединения.

Stimulation by LED lighting of the accumulation of phycocyanin and phenolic compounds in *Spirulina platensis* cells. Kozel N. V., Danilina N. I., Bulda K. Y. **Summary.** It is shown that directed modification of the spectral composition of the photosynthetically active light in order to obtain higher production of biologically valuable substances such as phycocyanin and phenolic compounds by *Spirulina platensis* cells is a very promising approach.

Введение

Spirulina platensis является основным объектом промышленной биотехнологии водорослей и используется для получения биомассы, обогащенной различными ценными веществами — β -каротином, лютеином, токоферолом, полиненасыщенными жирными кислотами [1]. Известно, что среди синезеленых водорослей *Spirulina platensis* является рекордсменом по накоплению таких антиоксидантов, как фикоцианин и фенольные соединения [2]. Однако промышленное культивирование водорослей, в частности *Spirulina*, в климатических условиях Беларуси связано с большими затратами на освещение. Для решения данной проблемы целесообразно использовать светодиодные источники освещения, характеризующиеся максимальной светоотдачей по сравнению с остальными существующими на данный момент источниками света. Предполагается, что использование в процессе выращивания водорослей энергоэффективных источников света на основе светодиодов позволит снизить затраты на их производство, а оптимизация спектрального состава осветителей даст возможность не только увеличить продуктивность водорослей, но и добиться повышенного накопления в клетках биологически ценных веществ. Однако если энергоэффективность светодиодных источников фотосинтетически активного света полностью определяется конструктивными особенностями самого осветителя, то для получения наиболее оптимального спектрального состава при выращивании фотосинтезирующих организмов необходимо знать и учитывать особенности восприятия света каждым конкретным растительным объектом. Отличительной особенностью фотосинтетического аппарата *Spirulina platensis* по отношению к высшим растениям и некоторым другим видам водорослей является отсутствие в составе фотосинтетических пигментов хлорофилла *b*, а также наличие большого количества фикобилинового пигмента фикоцианина, характерного для синезеленых водорослей, который может активно участвовать не только в процессах светосбора, но и защиты клетки от окислительного воздействия [3]. Указанные особенности могут оказывать существенное

влияние на адаптацию *Spirulina platensis* к изменению спектрального состава фотосинтетически активного света.

Целью данной работы стало исследование влияния светодиодного освещения разного спектрального состава на продуктивность *Spirulina platensis* и накопление в клетках водоросли фикоцианина и фенольных соединений.

Объект и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали трихомную синезеленую водоросль (цианобактерию) *Spirulina (Arthrospira) platensis* (Nordstedt) Geitler (штамм IBCE S-2 из коллекции Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси). Водоросль выращивали на среде Заррука [4], модифицированной согласно Пиневиц соавт. [5], в стеклянных емкостях в режиме 14 ч света — 10 ч темноты при температуре $25 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 5 дней. Количество внесенного посевного материала — 300 мг/л. Для изучения влияния светодиодного освещения на продуктивность *Spirulina platensis* и фикоцианина и фенольных соединений использовали культуру в логарифмической фазе роста (на 5-е сутки после пересева). Продуктивность *Spirulina* определяли по изменению биомассы, которую оценивали по поглощению и светорассеянию суспензии при 560 нм на спектрофотометре Solar PB 2201 (Беларусь) согласно методике, описанной в работе [6]. Определение фикоцианина в биомассе *Spirulina platensis* проводили спектрофотометрически, предварительно экстрагировав пигмент из клеток водоросли К-Na-фосфатным буфером с pH 7,4 [6]. Спектры поглощения нативной культуры *Spirulina platensis* регистрировали на спектрофотометре с интегрирующей сферой СФ-14 (Россия). Количество фенольных соединений в клетках *Spirulina* определяли с помощью метода Фолина и Чокальтеу в модификации Синглтона и Росси [7]. Для выращивания *Spirulina platensis*, содержащей большое количество фикоцианина и β -каротина, кроме классических красного и синего светодиодов и их комбинации (красный : синий — 2:1 по энергии излучения), мы использовали осветитель более сложной конструкции, в спектре излучения которого содержался дополнительно желтый и голубой свет (красный : желтый : голубой : синий — 3:3:1:1 по энергии излучения), а также использовали энергосберегающую люминесцентную лампу Philips PL-S 11W\827 в качестве контроля. Интенсивности световых потоков лампы и комбинации светодиодов изначально были выравнены по количеству квантов и составляли примерно 100 мкмоль квантов/($\text{м}^2 \times \text{с}$).

Результаты и их обсуждение

Все использованные в работе варианты светодиодного освещения, за исключением синего, позволили добиться на 17–31% более высокой продуктивности *Spirulina platensis* по сравнению с контрольным вариантом, выращенным под люминесцентной лампой (табл. 1). При использовании только синего света мы наблюдали существенное уменьшение продуктивности водоросли, основной причиной которого может быть снижение фотосинтетической активности клеток *Spirulina platensis* в связи с отсутствием в спектральном составе освещения желтого и красного света, наиболее эффективно поглощаемого фикоцианином (максимум поглощения фикоцианина — 620 нм).

Установлено, что спектральный состав освещения влияет не только на продуктивность водоросли, но и на накопление в клетках *Spirulina* фикоцианина и фенольных соединений (табл. 1).

Наибольшее увеличение продукции клетками фикоцианина зарегистрировано при использовании совместно красного, желтого, голубого и синего светодиодов — на 22% по отношению к контролю при расчете на грамм сухой массы и на 34% при расчете на литр суспензии, что более важно с точки зрения промышленной биотехнологии водорослей. Стимуляция синтеза фикоцианина светом, в спектральном составе которого присутствует интенсивная красная и желтая полоса, не удивительно, так как указанный пигмент имеет максимум поглощения 620 нм, что хорошо видно на спектре поглощения нативной культуры водоросли, зарегистрированном с помощью интегрирующей сферы (рис. 1).

Таблица 1

Продуктивность *Spirulina platensis*, а также содержание в клетках фикоцианина и фенольных соединений при выращивании под светодиодными осветителями и люминесцентной лампой Philips

Свет	Продуктивность, мг/л сусп.	Фикоцианин, мг/г с. м.	Фикоцианин, мг/л сусп.	Фенольные соединения, мг/г с. м.	Фенольные соединения, мг/л сусп.
Белый (люм. лампа Philips)	595,8±34,3	33,8±5,0	34,2±5,1	4,4± 0,3	4,4±0,1
Красный	782,2±40,0*	36,4±4,7	43,6±5,6*	6,2± 0,1*	7,4±0,1*
Синий	118,8±12,5*	42,1±6,9*	22,5±3,7*	2,8± 0,1*	1,5±0,1*
Красный + синий	715,1±19,7*	35,7±4,6	40,4±5,2*	5,0± 0,1*	5,7±0,1*
Красный + желтый + голубой + синий	696,4±21,6*	41,3±1,9*	45,9±2,1*	4,4± 0,1	4,9±0,2*

Примечание: л сусп. — литр суспензии, г с. м. — грамм сухой массы, * — различия по сравнению с контролем достоверны, $p < 0,05$.

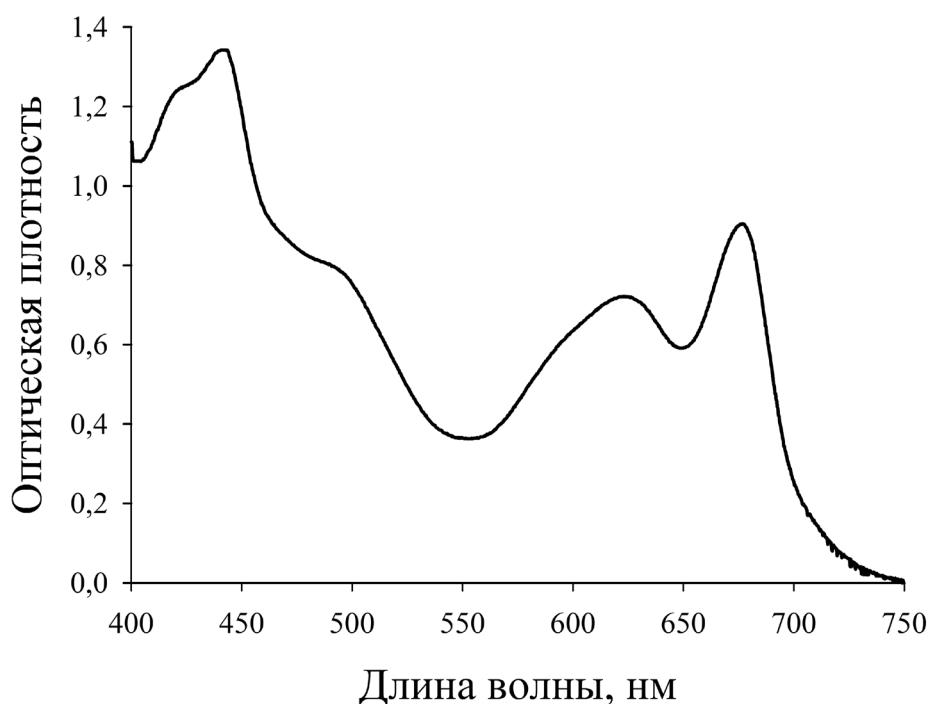


Рис. 1. Спектр поглощения нативной культуры *Spirulina platensis*, полученный на спектрофотометре СФ-14 (ЛОМО) с интегрирующей сферой

Максимального накопления фенольных соединений в клетках удалось *Spirulina platensis* достичь при использовании только красных светодиодов в качестве источника фотосинтетически активного света. В этом варианте количество фенольных соединений превышало контроль на 41% при расчете на грамм сухой массы и на 68% при расчете на литр суспензии. Также стимуляция накопления фенолов в клетках водоросли наблюдалась при использовании совместно красного и синего света, а также в варианте красный-желтый-голубой-синий, то есть во всех вариантах со светодиодным освещением, в котором преобладала красная составляющая в спектре излучения. Синий свет (без дополнительной красной полосы) оказывал существенное ингиби-

рующее действие на систему синтеза фенольных соединений. Даже в расчете на грамм сухой массы в варианте с использованием одного синего света наблюдалось снижение общего количества фенолов примерно на 35% по отношению к контролю.

Мы предполагаем, что увеличения продукции клетками водоросли фикоцианина при использовании совместно красного, желтого, голубого и синего светодиодов обусловлено адаптацией фотосинтетического аппарата *Spirulina platensis* к изменению спектрального состава освещения, а существенное накопление фенольных соединений на красном свете является, видимо, защитной реакцией клетки на потенциально опасное освещение, способное вызвать развитие в фотосинтетических мембранах фотодинамических процессов.

Заключение

Таким образом, показано, что изменение спектрального состава освещения позволяет повысить продуктивность *Spirulina platensis* (при увеличении красной составляющей в спектре), а также увеличить накопление в клетках водоросли фикоцианина и фенольных соединений: увеличение доли желтого света в спектре излучения осветителя позволяет повысить синтез в клетках *Spirulina* фикоцианина, а увеличение красной составляющей приводит к повышению количества фенольных соединений.

Полученные результаты доказывают перспективность направленной модификации спектрального состава фотосинтетически активного света с целью увеличения продукции клетками водорослей биологически ценных веществ, в частности, фикоцианина и фенольных соединений.

Список литературы

1. Мельников С. С. и др. Продуктивность спирулины при использовании источников света различного типа // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук. — 2011. — № 3. — С. 41–45.
2. Ismaiel M. et al. Antioxidants characterization in selected cyanobacteria // Annals of Microbiol. — 2014. — Vol. 64, N 3. — P. 1223–1230.
3. *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, cell-biology and biotechnology* / L. Tomaselli [et al.]; eds. A. Vonshak. — London: Taylor & Francis Ltd, 1997. — 234 p.
4. Cheevadhanarak S. et al. Draft genome sequence of *Arthrospira platensis* C1 (PCC9438) // Stand. Genomic Sci. — 2012. — Vol. 6 — N 1. — P. 43–53.
5. Пиневиц В. В., Верзилин Н. Н., Михайлов А. А. Изучение *Spirulina platensis* — нового объекта для высокоинтенсивного культивирования // Физиол. растен. — 1970. — Т. 17, вып. 5. — С. 1037–1046.
6. Sasaki K. et al. Promotive effect of 5-aminolevulinic acid on the growth and photosynthesis of *Spirulina platensis* // Journal of Fermentation and Bioengineering. — 1995. — Vol. 79, N 5. — P. 453–457.
7. Singleton V. L., Rossi J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents // American Journal of Enology and Viticulture. — 1965. — Vol. 16. — P. 144–158.

Создание фертильных межродовых гибридов житняка (*Agropyron cristatum*) с райграсом пастбищным (*Lolium perenne*) с использованием геномной и клеточной биотехнологии

Кондрацкая И. П.¹, Столепченко В. А.², Юхимук А. Н.¹,
Чижик О. В.¹, Беляй М. О.², Васько П. П.², Решетников В. Н.¹

¹ ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь

² РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино, Беларусь

Резюме Созданы фертильные межродовые гибриды житняка (*Agropyron cristatum*) с райграсом пастбищным (*Lolium perenne*) и идентифицированы ген-источники высокой продуктивности. Проведенно мультилокусное ДНК-маркирование житняка (*Agropyron cristatum*) с использованием RAPD — и ISSR-праймеров позволило дифференцировать все исследованные генотипы, разработать и составить уникальные профили для каждого из них. На основании полученных мультилокусных RAPD/ISSR-спектров для исследованных образцов составлены генетические паспорта

The fertile intergeneric hybrids of *Agropyron cristatum* with *Lolium perenne* creation using genomic and cellular biotechnology. Kondratskaya I. P., Stolepchenko V. A., Yukhimuk A. N., Chizhik O. V., Belyaj M. O., Vasko P. P., Reshetnikov V. N. **Summary.** Fertile intergeneric hybrids of (*Agropyron cristatum*) with (*Lolium perenne*) have been created and gene sources of high productivity have been identified. The multilocus DNA marking of Agarwood (*Agropyron cristatum*) using RAPD and ISSR primers allowed to differentiate all the investigated genotypes, to develop and compile unique profiles for each of them. The genetic passports for the samples studied have been compiled on the base of multilocus RAPD / ISSR spectra

В Республике Беларусь супесчаные почвы и пески составляют более 2 миллионов гектаров и преобладают в Гомельской и Брестской областях. Средняя продуктивность луговых угодий в хозяйствах республики составляет 28–32 ц/га кормовых единиц, а на песчаных почвах — 18–20 ц/га. В южных областях республики почти ежегодно наблюдаются засухи, которые приводят к выгоранию пастбищных травостоев на супесчаных почвах Полесья. Негативные воздействия засушливых условий особенно выражены на легких по механическому составу почвах Гомельской, Брестской и части Могилевской областей. Житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum*) является засухоустойчивым и морозоустойчивым многолетним злаком, райграс пастбищный (*Lolium perenne*) — высокоурожайная трава высокого качества. Среди многолетних злаковых трав житняк первым вступает в вегетацию. В связи с этим, возникла необходимость создания межродового гибрида житняка (*Agropyron cristatum*), объединяющего качественные признаки житняка гребенчатого и райграса пастбищного. На сельскохозяйственных угодьях Беларуси житняк гребенчатый пока не культивируется. В рамках выполнения задания «Создать фертильные межродовые гибриды житняка (*Agropyron cristatum*) с

райграсом пастбищным (*Lolium perenne*) и идентифицировать ген-источники высокой продуктивности для селекции житняка с использованием геномной и клеточной биотехнологии» ГНТП «Агропромкомплекс 2020», сотрудниками РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» и ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» впервые в Беларуси начаты работы по созданию межродового гибрида житняка (*Agropyron cristatum*) с высокой продуктивностью.

Основная задача селекции многолетних злаковых трав — создание новых, высокопродуктивных, экономически устойчивых сортов кормовых злаковых трав, хорошо адаптированных к конкретным местным условиям, обладающих высокой экологической устойчивостью и способных полнее использовать биоклиматический потенциал данного региона, обеспечивая достаточную семенную продуктивность и отличающихся от других ранее выведенных сортов. Согласно современным положением международного союза селекционеров [1], а также международных правовых документов о защите авторских прав, главным признаком нового сорта являются постоянные морфологические или иные отличия его от уже существующих сортов и гибридов.

Оценка улучшенных кормовых злаковых трав усложняется тем, что животные разных видов и пород отличаются по избирательной приверженности к тем или иным кормам и характеру срамливания. Кроме того, многолетние злаки должны отличаться устойчивостью к резким колебаниям условий окружающей среды как в течение одного и того же года, так и в различные годы.

Некоторые виды злаковых трав, благодаря своей облиственности, времени созревания и совместимости с сопутствующими бобовыми, дают высокие урожаи высококачественного сена, но не способны поддерживать продуктивность травостоя вследствие слабого отрастания или недостаточной выносливости к вытаптыванию и частому скашиванию. Поэтому задачи, поставленные при выведении нового сорта, решаются различными методами в связи с новыми требованиями к сортам при создании высокопродуктивных, устойчивых к экстремальным условиям среды, болезням и вредителям, пластичных, зимостойких, долгодетных и специализированных сортов многолетних злаковых трав. Наряду с традиционными методами, широко используются селекционные методы создания сложногибридных популяций (поликросса), экспериментальной полиплоидии, химического мутагенеза и отдаленной гибридизации.

Для создания межродовых гибридов житняка (*Agropyron cristatum*) с райграсом пастбищным (*Lolium perenne*) авторами разработана геномная и клеточная биотехнологии селекции многолетних злаковых трав на основе дупликации генома и интрогрессивной гибридизации с использованием ДНК-маркирования с целью целенаправленно преобразования генома, расширения генофонда исходного материала и повышения эффективности селекции.

Объектами исследования были выбраны:

Родительские формы: житняк Петровский, житняк ширококолосый сорт Батыр, житняк Павловский 12, житняк дикорастущий, райграс пастбищный № 38, райграс пастбищный Гусляр, райграс пастбищный Гаспадар.

Сортообразцы F3:

- сортообразец 8 — житняк Петровский × райграс пастбищный № 38;
- сортообразец 10 — житняк ширококолосый сорт Батыр × райграс пастбищный Гусляр;
- сортообразец 13 — житняк Павловский 12 × райграс пастбищный Гусляр;
- сортообразец 11 — житняк дикорастущий × райграс пастбищный № 38;
- сортообразец 12 — житняк Павловский 12 × райграс пастбищный Гаспадар.

Селекция многолетних трав осуществлялась согласно методическим рекомендациям Всероссийского института кормов им Вильямса В. Р.

В селекции на кормовое использование в процессе вегетационного периода и при структурном анализе учитывались 36 количественных и качественных показателей, в том числе по основным признакам кормовой и семенной продуктивности. Фенологические наблюдения включают определение основных фаз развития многолетних злаковых трав. Проводятся био-

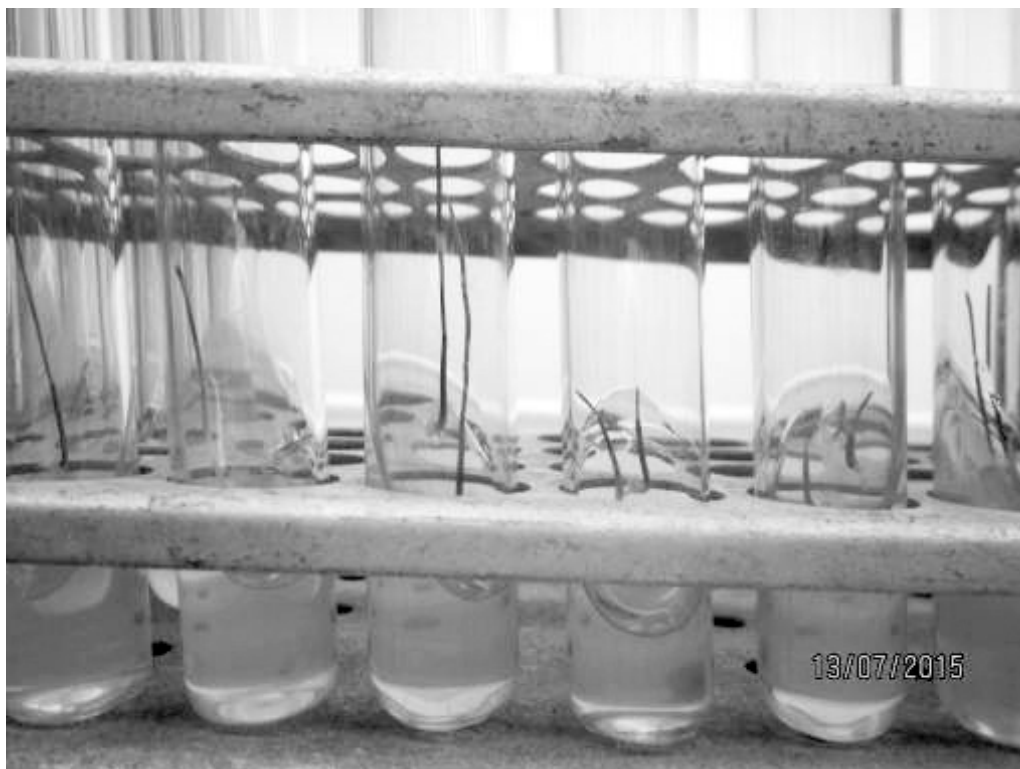


Рис. 1. Высадка зародыша на питательную среду и доращивание

химические анализы селекционного материала, оценка поражения и устойчивости образцов к болезням. Используемые методы селекции: внутривидовая гибридизация, индивидуальный, семейственно-групповой отборы в естественных условиях [2, 3].

При создании межродовых гибридов было проведено восемь комбинаций скрещиваний в полевых условиях. В фазу полного вымётывания проводилась изоляция растений житняка и райграса, в период цветения под изоляторами было проведено опыление. На 14–17 день после опыления срезанные колоски перемещены в лабораторные условия, где из них было произведено извлечение зерновок. Зародыши, изолированные на ранних стадиях развития из незрелого семени через 16 дней после оплодотворения, характеризуются очень маленькими, имеют малые размеры органов, из которых они выделяются, поэтому их культивирования связано с определенными технологическими трудностями. Сложным является также подбор питательной среды, которая должно обеспечить развитие зародыша до его полного развития в зрелом семени с последующим поддержанием прорастания и роста.

В результате проведения биотехнологических работ была преодолена прогамная несовместимость, у межродовых гибридов житняка выделены зародыши и высажены на питательную среду, преодолена постгамная несовместимость и получены фертильные растения межродовых гибридов житняка. Результативность создания межродовых гибридов представлены в табл. 1.

В первые два года на регенерационную питательную среду было высажено 183 зародыша. Пересадка растений-регенерантов из пробирок в питательную среду Биона проведена с целью формирования у растений хорошей корневой системы.

В вегетационный период в полевых условиях в апреле 2015 года была проведена оценка перезимовки гибридных растений житняка, которая оказалась значительно более высокой в сравнении с перезимовкой райграсов. Растения житняка раньше райграсов приступили к вегетации, и к 30 апреля высота растений уже достигала 14–16 см. В неблагоприятных условиях вегетационного периода 2015 года наблюдались значительные преимущества житняка в формировании надземной массы при изучении в сенокосном режиме использования в первом укосе.

Таблица 1

Результативность создания межродовых гибридов житняка в полевых условиях

комбинации	Высажено зародышей в среду МС, шт.		Высажено зародышей в среду Биона, шт.		Получено растений, шт.
	шт.	%	шт.	%	
6	18	6,7	15	9,8	14
7	44	16,2	8	5,2	0
6+	37	13,7	30	19,6	25
8	19	7,0	17	11,1	15
9	75	27,7	28	18,3	10
10	63	23,2	43	28,1	40
11	15	5,5	12	7,9	12
12	18	6,7	15	9,8	10
	289		168		126

При оценке семенной продуктивности селекционного материала полученных сортообразцов житняка был проведен анализ структуры генеративных побегов для расчета биологического урожая. Выявлен высокий биологический потенциал семенной продуктивности у сортообразцов житняка. В колосе главного побега насчитывалось 360–470 цветков. Масса семян с одного растения у сортообразцов в посевах житняка первого года пользования достигала 24 г/растения, а в среднем составила 6,4–11,3 г/растение. Проведено определение высоты генеративных побегов, определение количества листьев, проведено определение длины и ширины флагового листа, количества колосков в колосе, масса 1000 семян и число зерен в колосе. Проведен структурный анализ генеративных побегов биотипов межродовых гибридов житняка, определена продуктивность растений житняка по укосам и после подкоса отавы.

В результате комплексной оценки созданных форм межродовых гибридов житняка (*Agropyron cristatum*) с райграсом пастбищным (*Lolium perenne*) отобраны морфотипы с высокой продуктивностью, что позволило сформировать сорто-популяции житняка с содержанием сухого вещества свыше 0,8 кг/м² за вегетацию (сортообразцы № 8, 10 и 13). Проведение учетов нарастания надземной массы растениями житняка в течение вегетации показало, что сортообразцом № 8 накоплено 353 ц/га зеленой массы, сортообразцом № 10 — 355,2 ц/га и сортообразцом № 13 — 340,3 ц/га. В течение всей вегетации происходит образование генеративных побегов с максимальным количеством в первом укосе 380–420 шт./м² и снижение этого показателя в последующих укосах. Показатель облиственности в одновидовых посевах житняка увеличивался у всех изучаемых сортообразцов от начала к концу вегетации. Количественный анализ общих белков показал наибольшее содержание белка (мкг/мл) в сортообразце № 13 во всех укосах.

Для проведения молекулярно-генетической паспортизации исследуемых таксонов были отобраны праймеры, обладающие достаточным полиморфизмом и имеющие воспроизводимую амплификационную активность. В общей сложности для генотипирования сортообразцов житняка (*Agropyron cristatum*) было отобрано 4RAPD-праймера и 7ISSR-праймеров.

Все использованные в исследовании праймеры генерировали четкие, воспроизводимые маркеры, набор которых для каждого исследуемого таксона характеризовался уникальностью (рис. 2, 3).

Для сортообразцов рода житняка (*Agropyron cristatum*) максимальное количество локусов (ДНК-маркеров) 19 было идентифицировано с помощью праймера UBC–827, минимальное — 7 с использованием праймеров OPC–05 и UBC–836. В общей сложности было идентифицировано 157 локусов (ДНК-маркеров) — 52 для RAPD-ПЦР и 105 для ISSR-ПЦР соответственно. Для каждого праймера был рассчитан показатель **R_p**, отражающий разрешающую способ-

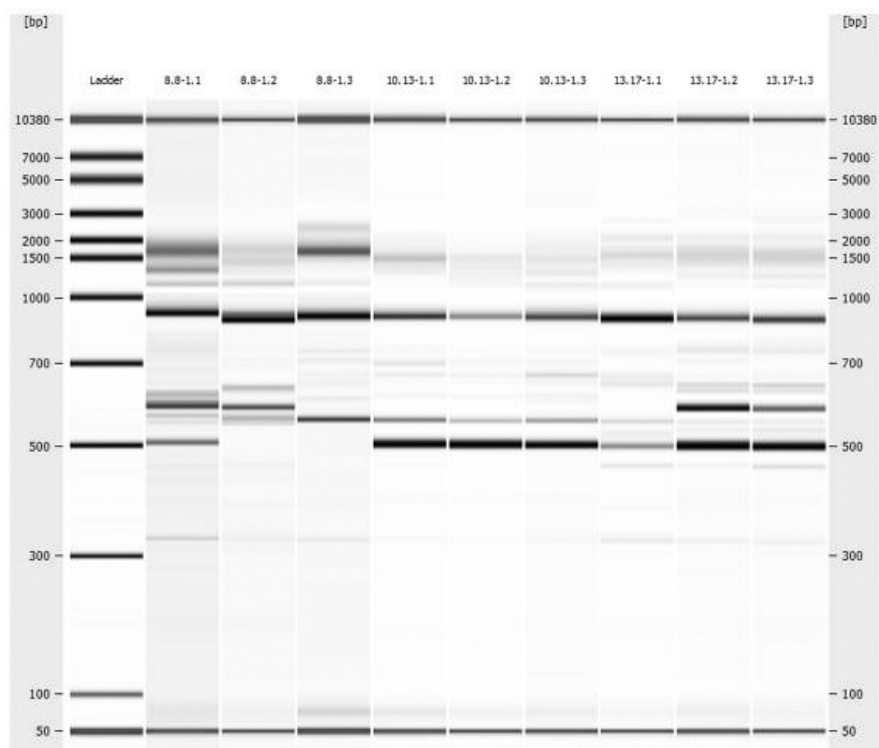


Рис. 2. Электрофоретическое разделение продуктов амплификации totalной ДНК трех сортообразцов 8.8, 10.13 и 13.17 житняка с праймером **OPB-08**

Примечание: после номера сортообразца через дефиз указан номер биологической повторности; Ladder — маркер молекулярного веса

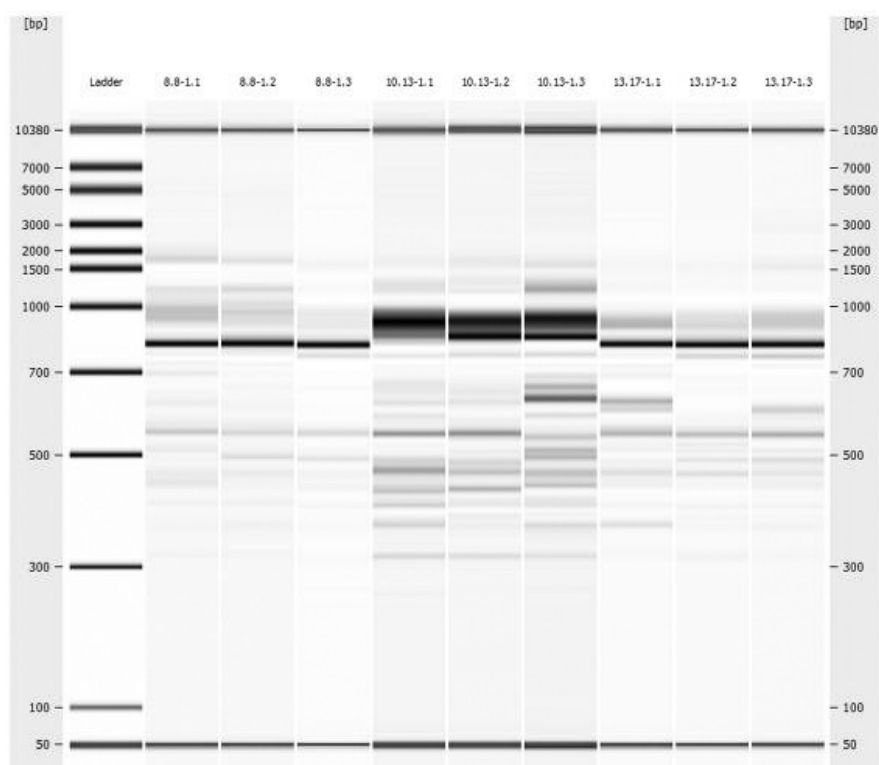


Рис. 3. Электрофоретическое разделение продуктов амплификации totalной ДНК трех сортообразцов 8.8, 10.13 и 13.17 житняка с праймером **UBC-818**

Примечание: После номера сортообразца через дефиз указан номер биологической повторности; Ladder — маркер молекулярного веса

ность праймера [4]. Максимальной разрешающей способностью обладал праймер UBC–817 (10,0), минимальной — праймер UBC–836 (2,0). Из всего пула маркеров 104 маркера являлись полиморфными. Обе ПЦР техники позволили выявить достаточный уровень полиморфизма у исследуемых сортообразцов рода житняк (*Agropyron cristatum*) — в среднем 66,24%. Максимальный полиморфизм выявлен при использовании праймеров UBC–807 и UBC–808 (80,00%), минимальный — 42,86% при использовании праймера UBC–836.

На основании полученных мультилокусных RAPD/ISSR-спектров для исследованных образцов составлены генетические паспорта. В табл. 2 приведены примеры генетического паспорта для сортообразцов 8.8, 10.13 и 13.17 житняка (*Agropyron cristatum*) соответственно.

Таблица 2
Мультилокусный генетический паспорт сортообразца 13.17
рода житняка (*Agropyron cristatum*)

Сортообразец 13.17	
Праймер	Маркер
RAPD	
OPB–08 (B08)	B08 _{330'} B08 _{465'} B08 _{505'} B08 _{535'} B08 _{565'} B08 _{590'} B08 _{640'} B08 _{760'} B08 _{910'} B08 _{1165'} B08 _{1275'} B08 _{1515'}
OPC–05 (C05)	C05 _{600'} C05 _{1145'} C05 _{1670'}
OPD–07 (D07)	D07 _{515'} D07 _{560'} D07 _{605'} D07 _{680'} D07 _{830'} D07 _{955'} D07 _{1225'} D07 _{1545'} D07 _{1840'}
OPP–09 (P09)	P09 _{650'} P09 _{685'} P09 _{730'} P09 _{755'} P09 _{960'} P09 _{1135'} P09 _{1295'} P09 _{1490'}
ISSR	
UBC–807 (807)	807 _{340'} 807 _{370'} 807 _{475'}
UBC–808 (808)	808 _{375'} 808 _{485'} 808 _{555'} 808 _{650'} 808 _{880'} 808 _{910'}
UBC–812 (812)	812 _{325'} 812 _{405'} 812 _{465'} 812 _{495'} 812 _{525'} 812 _{555'} 812 _{610'} 812 _{630'} 812 _{660'} 812 _{720'} 812 _{855'}
UBC–817 (817)	817 _{405'} 817 _{515'} 817 _{565'} 817 _{595'} 817 _{635'} 817 _{660'} 817 _{700'} 817 _{815'} 817 _{855'} 817 _{1080'}
UBC–818 (818)	818 _{375'} 818 _{470'} 818 _{495'} 818 _{510'} 818 _{525'} 818 _{555'} 818 _{610'} 818 _{635'} 818 _{765'} 818 _{830'} 818 _{925'}
UBC–827 (827)	827 _{305'} 827 _{390'} 827 _{405'} 827 _{420'} 827 _{535'} 827 _{555'} 827 _{580'} 827 _{640'} 827 _{745'} 827 _{785'} 827 _{820'} 827 _{875'}
UBC–836 (836)	836 _{315'} 836 _{330'} 836 _{370'} 836 _{405'} 836 _{470'} 836 _{530'}

На основе интрогрессивной гибридизации, дупликации генома и с использованием геномной и клеточной биотехнологий создан качественно новый исходный материал житняка, проведена его идентификация и оценка по хозяйственно-ценным признакам, выделены и включены в селекционный процесс перспективные морфотипы. Новый исходный материал обладает высокой зимостойкостью, засухоустойчивостью, долголетием, интенсивным формированием наземной массы в начале вегетации по сравнению с райграсом пастбищным. Включение новой культуры в селекционный процесс позволит создать сорта житняка, обеспечивающие формирование продуктивных раннеспелых травостоев на почвах легкого механического состава с неустойчивым водным режимом в условиях Республики Беларусь. Новый вид многолетних злаковых трав впервые будет внедрен в сельскохозяйственное производство республики.

Проведенное мультилокусное ДНК-маркирование житняка (*Agropyron cristatum*) с использованием RAPD — и ISSR-праймеров позволило дифференцировать все исследованные генотипы, разработать и составить уникальные профили для каждого из них. На основании полученных мультилокусных RAPD/ISSR-спектров для исследованных образцов впервые составлены генетические паспорта житняка (*Agropyron cristatum*).

Список литературы

1. Международный союз по охране новых сортов растений. Женева, 2015.-110 с.
2. Методические указания по селекции многолетних трав. М.: 1985, 188 с.
3. Методические указания по селекции многолетних трав /Смурыгин М. А., Новоселова А. С., Константинова А. М. и др — 2006.-186 с.
4. Prevost A., Wilkinson M. J. A new system of comparing PCR primers applied to ISSR fingerprinting of potato cultivars // Theoretical and Applied Genetics. — 1999. — V. 98. — P. 107–112.

Разработка унифицированной технологии микроразмножения и поддержания коллекции перевиваемых культур тканей берез секции *Albae* Regel

Константинов А. В., Кулагин Д. В., Пантелеев С. В.

Институт леса НАН Беларуси, г. Гомель, Беларусь, avkonstantinof@mail.ru

Резюме. Показаны этапы формирования и поддержания коллекции ценных генотипов древесных растений. Подобран оптимальный гормональный и минеральный состав питательных сред для индукции морфогенетического потенциала эксплантов березы различных видов и клоновой принадлежности на этапе инициации асептических культур и при массовом клональном микроразмножении. Разработана поэтапная схема культивирования побеговых культур березы при длительном депонировании в культуре *in vitro* для сохранения генетических ресурсов и закладки лесных плантаций.

Development of a unified micropropagation technology and maintenance of transplanted tissue cultures collection of the *Albae* Regel section birch. Konstantinov A. V., Kulagin D. V., Panteleev S. V. **Summary.** The stages of formation and maintenance of a collection of woody plants valuable genotypes are shown. Optimal hormonal and mineral composition of nutrient medium for induction of the morphogenetic potential of birch explants of various species are selected. A step-by-step scheme for cultivation of birch shoot tips under long-term deposition in the tissues and organs culture for preserving genetic resources and planting forest plantations has been developed.

Древесные растения, особенно главные лесообразующие породы, представляют важнейший компонент растительных ресурсов. Особое положение среди них занимают филогенетически прогрессирующие, относительно устойчивые и перспективные в антропогенных ландшафтах виды лиственных перекрестноопыляющихся растений, к числу которых относятся распространенные в умеренной зоне виды берез [1], находящие широкое применение в зеленом строительстве и лесообрабатывающей промышленности. Отрицательное влияние промышленных способов заготовки древесины на лесные природные комплексы и возрастающее значение лесов несырьевого назначения определяет актуальность внедрения плантационного лесовыращивания, которое можно рассматривать как специализированное высокоинтенсивное производство, направленное на выращивание высокопродуктивных культур заданного вида в сокращенные сроки [2] и организации лесного семеноводства на генетико-селекционной основе [3]. Успешная реализация указанных задач во многом зависит от подбора наиболее богатой и репрезентативной коллекции ценных форм и сортов-клонов березы [4], обеспечивающей с одной стороны высокий экономический эффект закладки плантаций, а с другой — сохранение биоразнообразия, являющееся неотъемлемой частью рационального природопользования. Наряду с традиционными методами сохранения растений *ex situ* развиваются современные подходы депонирования ценного генофонда лесных древесных растений, включая березу [5], с применением культуры изолированных тканей и органов, позволяющей осуществлять хранение

и воспроизводство растений селекционно отобранных генотипов, лежащих в основе работ по сохранению генофонда. В то же время, определенную сложность вызывает генотипически обусловленные различия интенсивности морфогенеза клонов березы *in vitro*, что обуславливает необходимость поиска унифицированных подходов к работе с культурой тканей.

Исследования направлены на формирование перевиваемой коллекции культур тканей плюсовых генотипов видов и гибридов березы, ее клонирование и дальнейшее использование в лесной селекции для закладки целевых плантаций.

В ходе работы были использованы побеги с четырех плюсовых деревьев березы повислой (*Betula pendula* Roth.), возраст всех деревьев около 50 лет, отобранных в насаждении естественного происхождения ГОЛХУ «Буда-Кошелёвский опытный лесхоз» (номера в Республиканском реестре: 6/161-3, 6/167-9, 6/176-18 и 6/164-21) и материал, полученный от плюсовых деревьев березы повислой отобранный сотрудниками Института лесного хозяйства Литвы, Каунас (маркировки плюсовых генотипов 66/150-10 и 171), также были предоставлены побеги генотипа 52/84-8 гибридного происхождения (*Betula pubescens* Ehrh. × *B. pendula* Roth.) полученный путем искусственного опыления.

Для успешной инициации культуры *in vitro* ценных генотипов лиственных древесных пород, в том числе березы, на этапе селекционной оценки в возрасте спелости необходимо учитывать стадию вегетации материала и время отбора. Распространенной является практика использования для клонального микроразмножения зимующих почек и ветвей взрослых деревьев [6, 7]. Время отбора материала влияет на уровень его контаминации и интенсивность формирования побегов. Так, отдельные работы по микроразмножению различных видов берез указывают на возможность отбора побегов и почек в течение весны или ранним летом [8, 9], однако лучшие результаты получены при зимнем сборе [10].

Наиболее подходящим временем сбора ветвей является период с сентября по ноябрь, когда зимующие почки уже хорошо сформированы, а концентрация эндогенных регуляторов роста, обеспечивающих успешное протекание периода покоя, оптимальна. В лаборатории ветви, предварительно обработанные бытовыми моющими средствами и упакованные в слой бумаги, устанавливают в сосуды с небольшим количеством воды. Холодовое хранение при 2–3°C с периодическим контролем состояния материала обеспечивает сохранность высокой жизнеспособности материала на протяжении двух-трех месяцев. Для проведения работ по введению в культуру материал извлекают из холодильников и устанавливают для распускания листовых пластинок и элонгации аукси- и брахибластов.

Последующей задачей является эффективное подавление эпифитной микрофлоры и подбор условий культивирования, снижающих интенсивность проявления таких негативных явлений, как некротизация и витрификация эксплантов в ответ на воздействие стерилизующих агентов, экзогенных фитогормонов или метаболитов развивающихся микроорганизмов [11].

Наши исследования позволили определить схему обеззараживания, при которой выход стерильного материала составляет около 78–93% на фоне низкой степени некротизации, связанной с химическим ожогом и окислением тканей (7–21%). Стерилизация листовых пластинок, высевок, фрагментов черешков и побегов различного происхождения включает две стадии. На первом этапе экспланты выдерживают в течение 30 минут при помешивании на шейкере в смеси дезинфицирующих растворов «Domestos» («Unilever», Великобритания; концентрация 0,01%) и «AOS» («Невис косметикс», Россия; концентрация 0,005%). Далее экспланты выдерживают в течение 3 минут в 10% растворе H₂O₂ и промывают под проточной водой. На втором этапе стерилизация проводится в условиях ламинар-бокса путем выдерживания материала при постоянном перемешивании в 70% этаноле (30–40 секунд) и 0,1% растворе сулемы HgCl₂ (3 минуты) с последующим трехкратным промыванием стерильной дистиллированной водой.

Эффективность морфогенеза из соматических тканей напрямую зависит от минерального и фитогормонального состава культуральной среды. Согласно общепринятым протоколам, инициацию и поддержание асептических культур проводят на базовой среде MS (Murashige & Skoog 1962) и специально подобранных для древесных растений составах, таких как DKW

(Driver & Kuniyuki 1984) и WPM (Lloyd & McCown 1980), что описано в ряде работ по микроразмножению *Betula pendula*, *B. uber*, *B. celtiberica*, *B. platyphylla*, *B. papyrifera*, *B. lenta* и *B. utilis* [6–12].

Наш опыт показал, что на различных этапах культивирования целесообразно проводить смену минеральной основы среды. Так, для инициации культуры *in vitro* способом непрямого морфогенеза, (генотипы 6/161-3, 6/167-9, 6/176-18, 171, 52/84-8) экспланты помещали на среду MS, дополненную регуляторами роста в следующей комбинации: 6-BAР 5 мг·л⁻¹, NAA 1 мг·л⁻¹, TDZ 0,1 мг·л⁻¹. Источником углеводов служила сахароза (30 г·л⁻¹), уплотнителем — микробиологический агар (7 г·л⁻¹), рН сред доводили до 5,6–5,8. Материал культивировали в темноте на протяжении 6 недель до начала каллусогенеза, при этом дедифференциация тканей успешно протекала на 28–43% эксплантов. Каллусные культуры помещали в условия освещения интенсивностью около 2,5–3 тыс. люкс и культивировали 2 недели при температуре 24±2°C до начала формирования адвентивных побегов. Экспланты с очагами регенерации переносили на среду MS с пониженным содержанием регуляторов роста (6-BAР 0,5–1 мг·л⁻¹ и ИВА 0,1 мг·л⁻¹). Культуры *in vitro* генотипов 6/164-21 и 66/150-10 были получены способом прямого морфогенеза из отдельных брахибластов на среде MS дополненной 6-BAР 2 мг·л⁻¹ и ИВА 0,5 мг·л⁻¹. После развития 2–3 междоузлий адвентивные побеги отделяли от каллуса и субкультивировали на питательную среду WPM или DKW без фитогормонов для мультипликации и помещения на депонирование.

Описанные методики достаточно универсальны и воспроизводимы, что позволяет формировать коллекцию асептических культур ценных форм березы и использовать ее для изучения морфоорганогенеза микрорастений. Определены стандартные условия поддержания коллекционного материала: температура 24±2°C, постоянное освещение интенсивностью 3,5–4,5 тыс. люкс. Источники света — люминесцентные лампы «Lisma» (ГУП РМ «ЛИСМА», РФ), дающие холодно-белый свет и «Fluora» (Osram, Германия) с максимумами в синей и красной областях, что обеспечивает как высокую освещенность, так и спектральный состав света, соответствующий пикам поглощения растений при фотосинтезе и благоприятный для протекания процессов роста и развития микрорастений березы различных клонов.

Для сохранения генотипов *in vitro* коллекции, а также накопления материала пригодного для последующего клонального микроразмножения к определенному сроку традиционно используют подходы длительного депонирования растений путем его выдерживания при низких положительных температурах (+15...+4°C) с применением осмотических ингибиторов и ретордантов, что на практике сопровождается проявлением симптомов этиолирования, некрозом и хлорозом побегов березы (до 25% и 100% материала соответственно) после 9 месяцев хранения, требует дополнительного оборудования и нескольких дополнительных пассажей для возобновления активной пролиферации. Оптимизация условий культивирования различных клонов березы позволила разработать эффективную методику беспересадочного поддержания культур в течение 8–12 месяцев без потери компетентности стеблевых эксплантов к регенерации. Наиболее компетентными эксплантами для устойчивого воспроизводства растений являются апикальные фрагменты микропобегов.

Схема перевода культур тканей на депонирование включает: 1) черенкование на сегменты побегов с листом либо верхушки побегов длиной 0,8–1,5 см, 2) их субкультивирование на свежую среду (40–50 мл) без фитогормонов по 15–20 шт. в культуральный сосуд объемом 200 мл под крышку из пищевой фольги, 3) выращивание при стандартных условиях в течение 15–20 дней с последующим плотным оборачиванием емкости полиэтиленовой пленкой для герметизации и помещением для культивирования в условиях пониженной освещенности (2,0–2,5 тыс. люкс). Указанные действия позволяют исключить массовую витрификацию побегов на начальных этапах роста и их гибель в результате токсического воздействия минеральных солей, концентрация которых увеличивается в процессе интенсивного подсыхания агаризованной среды. Повышение сохранности растительного материала возможно при добавлении в среду активированного угля (2 г·л⁻¹) и ее частичном обновлении после четырех месяцев культивирования побегов.

Коллекционные образцы характеризуются различными максимальными сроками депонирования, однако, не смотря на возможную гибель отдельных побегов и высыхание части листьев, после повторной мультипликации удается получать до 65–87% жизнеспособных эксплантов.

Первостепенное значение при создании *in vitro* коллекций уделяется сохранению генетической стабильности образцов. Контроль проводится при помощи RAPD-анализа с применением набора праймеров UBC-106, UBC-154, UBC-203, UBC-254, UBC-268), позволяющих выявлять полиморфные фрагменты исследуемых образцов.

На основе коллекции нами ежегодно проводится массовое тиражирование *in vitro* и получение 5–8 тысяч адаптированных растений березы селекционных генотипов с последующим доращиванием в лесных питомниках на высоком агротехническом фоне, с использованием биопрепаратов для формирования микробоценоза корнеобитаемых сред. За период с 2012 по 2016 заложено 7 га лесных плантаций березы микроклональными саженцами.

Таким образом, подобраны оптимальные условия для инициации асептических культур ценных генотипов берез секции *Albae* и поддержания коллекционных образцов при длительном беспересадочном культивировании, что обеспечивает долговременное сохранение *ex situ* представителей ценного генофонда и возможность размножения селекционных клонов для получения партий посадочного материала и закладки плантационных культур целевого назначения.

Список литературы

5. Махнёв А. К. Внутривидовая изменчивость и популяционная структура берез секции *Albae* и *Nanae*. — М.: Наука, 1987. — 128 с.
6. Лесные плантации (ускоренное выращивание ели и сосны). Шутов И. В., Маслаков Е. Л., Маркова И. А. и др. — М.: Лесн. пром-сть, 1984. — 248 с.
7. Василевская Л. С. Селекционно-генетическая оценка насаждений и деревьев главных лесообразующих пород // Селекция, генетика и семеноводство древесных пород как основа создания высокопродуктивных лесов. — М., 1980. — С. 97–100.
8. Яблоков А. С. Лесосеменное хозяйство. — М.: Лесн. пром-сть, 1965. — 465 с.
9. Машкина О. С., Табацкая Т. М., Морковина С. С. Панявина Е. А. Выращивание посадочного материала тополя белого (*Populus alba* L.) на основе коллекции *in vitro* и оценка его себестоимости. Лесотехнический журнал, 2016, № 1. С. 23–44.
10. Haggman H., Sutela S., Welander, M. Micropropagation of *Betula pendula* Roth. including genetically modified material. In S. M. Jain & H. Haggman, eds. Protocols for Micropropagation of Woody Trees and Fruits. The Netherlands: Springer, 2007, P. 153–162.
11. Magnusson V. A., Castillo C. M., Dai W. Micropropagation of two elite birch species through shoot proliferation and regeneration. Acta horticulturae, 2009, Vol. 812, P. 223–230.
12. Jamison J. A., Renfroe M. H. Micropropagation of *Betula uber* (Ashe) Fernald. In Vitro Cellular & Developmental Biology — Plant, 1998, Vol. 34, P. 147–151.
13. Jones O. P., Welander M., Waller B. J., Ridout M. S., Micropropagation of adult birch trees: production and field performance. Tree physiology, 1996, Vol. 16(5), P. 521–525.
14. Ide Y. *In vitro* clonal propagation of mature Japanese cherry birch. Japanese Forestry Society, 1987, Vol. 69(4), P. 161–163.
15. Zaki M., Shafi Sofi M., Kaloo Z. A. A reproducible protocol for raising clonal plants from leaf segments excised from mature trees of *Betula utilis* a threatened tree species of Kashmir Himalayas. International Multidisciplinary Res. J., 2011, Vol. 1(5), P. 7–13.
16. Perez C., Postigo P. Micropropagation of *Betula celtiberica*. Annals of Botany, 1989, Vol. 64, P. 67–69.

Состав и содержание биологически активных веществ в коре различных видов сирени Центрального ботанического сада НАН Беларуси

**Курченко В. П.¹, Ризевский С. В.¹, Эсауленко М.¹,
Цыганков В. Г.², Бондарук А. М.², Филонюк В. А.³,
Спиридович Е. В.⁴**

¹ Белорусский государственный университет, Республика Беларусь, г. Минск, kurchenko@tut.by

² Научно-практический центр гигиены, Республика Беларусь, г. Минск

³ Центральный аппарат Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Республика Беларусь, г. Минск

⁴ Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Республика Беларусь, г. Минск

Резюме. Изучен состав вторичных метаболитов из коры 14 видов сирени с использованием ГХ-МС. В метанольных экстрактах из коры идентифицированы более 60 различных веществ, значительную часть которых составляют оксикислоты, фенольные и фенилпропаноидные соединения. Показано значительные видовые отличия в составе и содержании ряда фенольных веществ.

Composition and content of biologically active substances in the bark of various species of the lilac (syringa) introduced in the central botanical garden of the National academy of science of Belarus. Kurchenko V. P., Rizevsky S. V., Esaulenko M., Tsigankov V. G., Bondaruk A. M., Filonuk V. A., Spiridovich E. V. **Summary.** The composition of secondary metabolites from the bark of 14 lilac (*Syringa*) species was studied using GC-MS. More than 60 individual substances have been identified in methanol extracts. Most of this compounds are hydroxy acids, phenolic and phenylpropanoid compounds. Significant species differences in the composition and content of a number of phenolic substances were shown.

Потребности фармацевтического рынка, реализуются путем разработки новых лекарственных препаратов на основе растительного сырья. Предпосылкой для создания таких препаратов является изучение химического состава лекарственных растений, в том числе и представителей рода *Syringa* L. Органы и ткани растений рода *Syringa* используются в качестве лекарственных средств для лечения ревматоидного артрита, астмы, тахикардии и стенокардии. Из этих растений, получают эфирные масла, пищевые добавки и бактерицидные средства. Проведенные фитохимические исследования показали присутствие в цельных экстрактах из сырья растений различных видов рода *Syringa* разнообразных соединений: иридоидов, лигнанов, фенилпропаноидов и фенилэтаноидов, обладающих противоопухолевой, гипотензивной, антиоксидантной и противовоспалительной активностями. Иридоиды, лигнаны и фенилэтаноиды являются ос-

новными компонентами экстрактов и, вероятно, обуславливают независимо друг от друга или синергично основные виды биологической активности [1–4].

В Центральном ботаническом саду НАН Беларуси коллекция представителей рода *Syringa L.* по видовому, сортовому и гибридному разнообразию составляет более 250 таксонов, а видовая коллекция представлена 35 таксонами. Возраст растений в среднем 40–50 лет. Для практического использования в фармацевтике интродуцированных видов сирени ЦБС требуется проведение фитохимических исследований направленных на сравнительный анализ состава и содержания в экстрактах из коры биологически активных веществ.

Целью работы являлось изучение состава и содержания биологически активных веществ в экстрактах коры сирени различных видов из коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси.

Материалы и методы

Объектом исследования служили побеги 2-годовалой вегетации 14 видов сирени: сирень Вольфа (*Syringa Wolfi*), сирень юньнаньская (*Syringa yunnanensis*), сирень волосистая (*Syringa villosa*), сирень амурская (*Syringa amurensis*), сирень гималайская (*Syringa emodi*), сирень Зевгинцова (*Syringa sweginzoniae*), сирень Комарова (*Syringa komarowii*), сирень тонковолосистая (*Syringa tomentella*), сирень пекинская (*Syringa pekin*), сирень венгерская (*Syringa josikae*), сирень настоящая (*Syringa rhodopea*), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*), сирень пушистая (*Syringa pubescens*), сирень сетчатая (*Syringa reticulata*), которые были предоставлены Национальным ботаническим садом НАН Беларуси. Сбор растительного сырья проводили в период массового цветения от здоровых, хорошо развитых, не поврежденных растений. Сушку растительного сырья проводили воздушно-теньевым способом. Для экстракции кору измельчали и просеивали через сито. Полученный материал хранили в закрытых стеклянных емкостях. Навеску коры 0,5 г помещали в колбу объемом 150 мл, прибавляли 6 мл 70% спирта и нагревали с обратным холодильником на кипящей водяной бане 30 минут. Полученные экстракты охлаждали до комнатной температуры, фильтровали, доводили объем фильтрата 70%-ым спиртом до 12,5 мл и хранили при 4°C без доступа света.

Исследования состава вторичных метаболитов проводилось на газовом хроматографе Agilent 6850, оснащенный масс-детектором Agilent 5975B. Процентный состав вторичных метаболитов вычислялся по площадям пиков без использования поправочных коэффициентов. Качественный анализ основан на сравнении масс-спектров компонентов эфирного масла с соответствующими данными библиотеки масс-спектров NIST0.5 а.

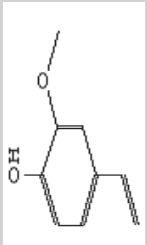
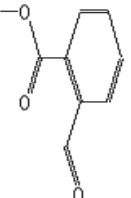
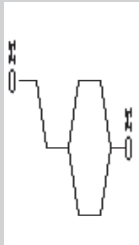
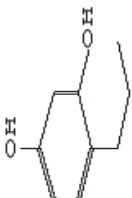
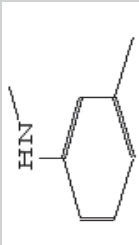
Представленная в статье дендрограмма получена в результате кластерного анализа в программе «Statistika 7». Исходные данные предварительно стандартизировали. Ветви дендрограммы соединялись по правилу *single linkage*. Расстояние между объектами на дендрограмме вычисляли по методу *Euclidean distances*.

Результаты и обсуждения

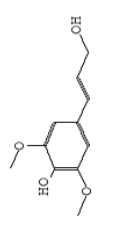
Из литературных данных следует [1–6], что кора сирени является важным источником биологически активных соединений. Фитохимические исследования с использованием ВЭЖХ-МС различных видов рода *Syringa* позволили обнаружить более 140 вторичных метаболитов. Иридоиды в растениях рода *Syringa* представлены 46 соединениями, среди которых секоиридоиды являются наиболее распространенными [5, 6]. Лигнаны образуют еще одну группу соединений, которые представлены 34 простыми и гликозилированными соединениями [1,2]. Они преобладают в составе экстрактов, полученных из таких видов, как *S. komarowii*, *S. pubescens*, *S. reticulata*, *S. velutina*, *S. patula*, *S. vulgaris*, *S. pinnatifolia* [5]. Кроме этого в экстрактах обнаружен ряд минорных соединений: фенилпропаноиды и их аналоги, флавоноиды, сесквитерпены и другие [1].

Проведенные нами исследования позволили существенно дополнить количество описанных вторичных метаболитов в коре сирени (см. табл.).

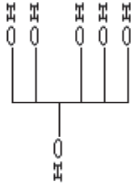
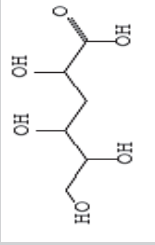
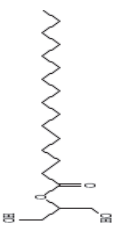
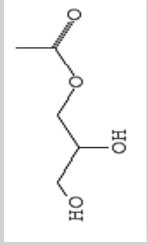

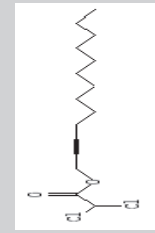
Состав и содержание основных биологически активных веществ в экстрактах коры сирени.

Наименование вещества	Формула	Относительное % содержание в экстрактах сирени															
		Вольфа	пушистая	юньянская	Звеницova	амурская	волосистая	гималайская	настоющая	пекнинская	тонковоло- систая	сетчатая	венгерская	обыкновенная	Комарова		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
2-Methoxy-4-vinylphenol		0,75	0,67	0,99			0,96	1,04		0,96	1,15	0,41	1,18	0,54	0,52		
Benzoic acid, 2-formyl-, methyl ester				1,86		2,35									1,32		
Benzeneethanol, 4-hydrox-		5,11	7,22	4,53	9,42	2,96	5,44	3,26	2,85	2,86	10,06	1,94	5,33	0,83			
1,3-Benzenediol, 4-propy l-			0,84	0,41						1,88		3,99		0,18			
Benzenamine, N,3-dimethyl-		1,38	1,62	1,46	0,85		4,31	1,08	4,26	0,61	1,9		1,57	3,21	41		

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Benzene, 1-(bromomethyl)-3 nitro-		5,5		7,6									4,71		
5-Hydroxy-2-methylbenzaldehyde			1.44	0.91	0.93	2.16							1.11		1.84
Coniferyl aldehyde		0,29	0.21		0.48										
Levodopa															
(E)-4-(3-Hydroxyprop-1-en-1-yl)-2-methoxyphenol		0,46	5.41	0,45	3.1	2,48	4	4.26	3.58	0.4	4.72	0.36	0.5	4,32	0.64
trans-Sinapyl alcohol		4,68	2.46	5.65	0.51	1.66	4.38	3.84	3.74		0.52	0.63	3.9	10,26	0.42
Benzoic acid, 4-formyl-, methyl ester		2,5	2.74		1.87		2.42	1.85	2,57	1.84	0.57		2,81	1,26	3.94

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DL-Glucitol		7,88	8,01	10,79	7,63	15,95	18,81	15,79	6,98	22,15					
3-Deoxy-d-manno-nic acid		2,03	1,33	2,19	1,82	3,76	2,21	2,24	1,93						
Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester		0,47	0,28	0,53	0,41	0,37	0,4	2,96	0,19	0,3	0,48	0,32	0,24		
1,2,3-Propanetriol, 1-acetate		0,46	0,74	0,36	1,51	1,28		0,81	0,86	0,84	1,22	0,35	0,4	0,61	
n-Hexadecanoic acid		0,93	0,62	0,7	0,64	0,97	0,75	0,6	0	0,69					
Dichloroacetic acid, tridec-2-ynyl ester		1,45	0,49	0,98	0,68										

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2(3H)-Naphthalene-4,4 a,5,6,7,8-hexahydro-4 a-methyl-		9,7	8,41	1,52	3,18	2,96	12,04	17,89	7,32	12,54	4,15	1,66	5,07	14,17	2,77
.beta.D-Glucopyranose, 1,6-anhydro-		0,63	1,07	2,37	0,61	2,91	2,67				0,51	1,18	1,25	2,67	
3Deoxy-d-mannonic lactone		5,26		3,42		2,22	5,58		3,1		4,57				

По результатам анализа с использованием ГХ-МС, определены наиболее часто встречающиеся вещества в экстрактах коры сирени различных видов: Dihydroacetone; Glycerin, 2-Methoxy-4-vinylphenol; Benzeneethanol; (E)-4-(3-Hydroxyprop-1-en-1-yl)-2-methoxyphenol; 2(3H)-Naphthalenone,4,4 a,5,6,7,8-hexahydro-4 a-methyl-; Levodopa; trans-Sinarylalcohol; Hexadecanoicacid; 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester; Benzenamine, N,3-dimethyl; gamma.-Sitosterol; 1,2,3-Propanetriol, 1-acetate; Benzoicacid, 4-formyl-, methyl ester. Необходимо отметить, что в экстрактах обнаружено высокое относительное содержание синяпового спирта и других фенилпропаноидных соединений и большого ряда фенольных веществ.

На основании кластерного анализа вторичных метаболитов экстрактов из коры сирени различных видов установлено, что по составу исследованных веществ они составили два условных кластера (см. рисунок). В один из которых входят виды: сирень Комарова (*Syringa komarowii*), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*), сирень венгерская (*Syringa josikae*), сирень сетчатая (*Syringa reticulata*).

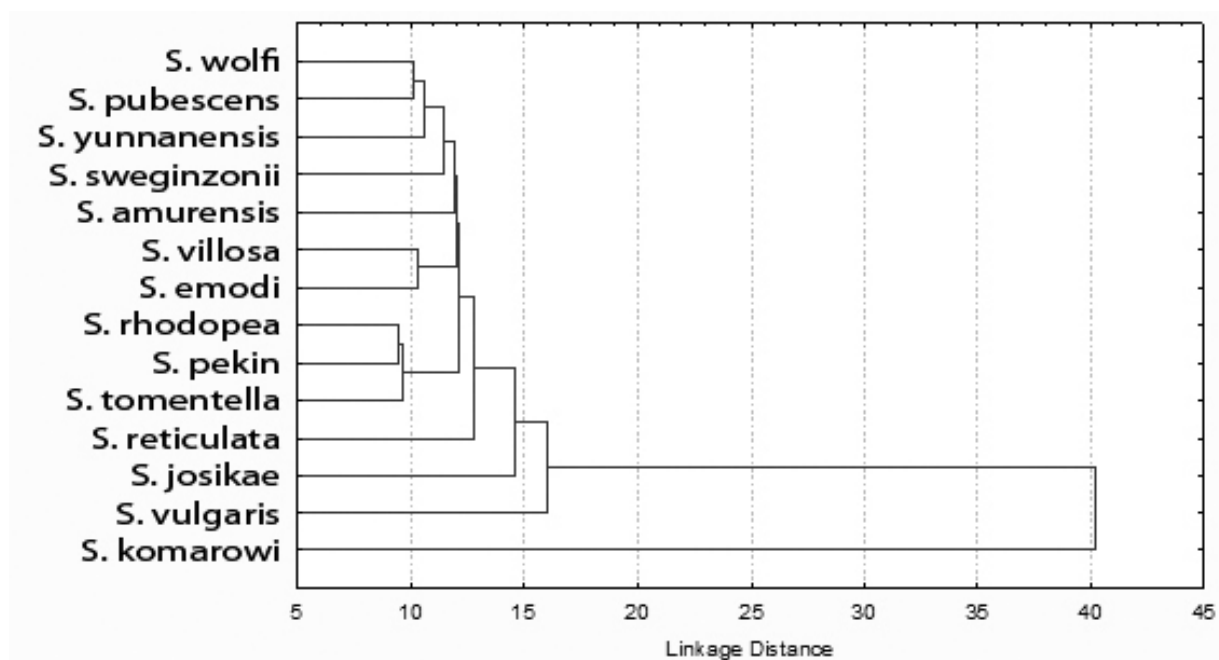


Рис. Дендрограмма на основе компонентного состава вторичных метаболитов представителей рода *Syringa*

Установлено, что по составу вторичных метаболитов эта группа наиболее удалена от других видов сирени.

Таким образом, проведенные исследования состава и относительного содержания вторичных метаболитов в экстрактах коры сирени 14 видов позволили выявить новые, ранее не описанные вещества, которые могут проявлять различную фармакологическую активность.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории интродукции древесных растений ЦБС: к. б. н., доценту И. М. Гарановичу, С. Е. Булько и В. Г. Гринкевичу за предоставленный растительный материал сиреней и Ю. С. Полякову за выполнение хроматографического анализа.

Список литературы

1. Куркин, В. А. Фармакогнозия / В. А. Куркин. — Самара: ООО «Офорт», 2004. — 1180 с.
2. Vrugtman F. Lilacs: A Gardener's Encyclopedia by John L. Fiala; Oregon. Timber Press. — 416 p.
3. Zhang JF, Zhang SJ. An overview of the genus *Syringa*: phytochemical and pharmacological aspects. *Nat Sci J Hainan Univ.* 2007;2:201–5.
4. Deng RX, Yuan H, Liu P, Yin WP, Wang XS, Zhao TZ. Chemical constituents from *Syringa pubescens* Turcz. *Biochem Syst Ecol.* 2010;38:813–5.
5. Dinda B, Debnath S, Harigaya Y. Naturally occurring iridoids. a review, part 1. *Chem Pharm Bull.* 2007;55:159–222.
6. Ghisalberti EL. Biological and pharmacological activity of naturally occurring iridoids and secoiridoids. *Phytomedicine.* 1998;5:147–63.

Влияние стерилизующих соединений на выход жизнеспособных эксплантов интродуцированных сортов хризантемы корейской (*Chrysanthemum coreanum* Nakai ex T. Mori) и жимолости съедобной (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn)

Кутас Е. Н., Грибок Н. А., Веевник А. А., Павловский Н. Б.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь, E. Kutas@cbg.org.by

Резюме. В статье представлены исследования по изучению влияния стерилизующих соединений на выход жизнеспособных эксплантов у пяти интродуцированных сортов хризантемы корейской: 'Натали', 'Интервал', 'Гранатовый браслет', 'Мишаль', 'Злато скифов'; двух сортов жимолости съедобной: 'Зойка', 'Войтек'.

Показано, что для предотвращения от инфицирования интродуцированных сортов хризантемы корейской и жимолости съедобной при введении их в культуру *in vitro* следует проводить стерилизацию эксплантов хризантемы корейской в 0,1% растворе сулемы, азотнокислого серебра или диацида, а жимолости съедобной — в 0,1%-ном растворе диацида.

The influence of sterilizing compounds on the yield of the viable explants of introduced varieties of chrysanthemum korean (*Chrysanthemum coreanum* Nakai ex T. Mori) and honeysuckle edible (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn). Kutas E. N., Gribok N. A., Veyevnik A. A., Pavlovsky N. B. **Summary.** The article presents studies on the effect of sterilizing compounds on the yield of viable explants in five introduced chrysanthemum korean varieties: 'Nataly', 'Interval', 'Garnet Bracelet', 'Mishal', 'Gold of Scythians'; two varieties of honeysuckle edible: 'Zoyka', 'Voitek'. It is shown, that for prevention from infection of varieties of chrysanthemum korean and honeysuckle edible, when it is introduced into culture *in vitro*, sterilization of chrysanthemum korean explants should be carried out in 0,1% solution of mercuric, silver nitrate or diacid, and honeysuckle edible — in 0,1% solution of diacid.

Общеизвестно, что процесс клонального микроразмножения начинается с выбора растения, изолирования экспланта, его стерилизации и посадки на питательную среду. Одна из основополагающих ролей в этом процессе принадлежит подбору стерилизующих соединений, эффективности их концентраций и продолжительности времени обработки с целью освобождения материала от инфекции и получения высокого выхода жизнеспособных эксплантов.

Необходимо отметить, что для каждого вида растения оптимальный режим стерилизации, способствующий высокому выходу жизнеспособных эксплантов, определяется экспериментальным путем.

Как показал анализ литературных данных и собственных исследований, касающихся стерилизации растительного материала при введении его в культуру *in vitro*, для стерилизации используют различные стерилизующие соединения с разной концентрацией и временем экспозиции [1–9].

К сожалению, в доступной нам литературе не обнаружено сведений об исследованиях, касающихся влияния стерилизующих соединений на выход жизнеспособных эксплантов у интродуцированных сортов хризантемы корейской и жимолости съедобной. В этой связи нами были проведены экспериментальные исследования, затрагивающие этот вопрос.

Объектами исследования служили пять интродуцированных сортов хризантемы корейской: 'Натали', 'Интервал', 'Гранатовый браслет', 'Мишаль', 'Злато скифов' и два сорта жимолости съедобной: 'Зойка' и 'Войтек'.

В качестве стерилизующих соединений для перечисленных сортов испытывали 0,1%-ные растворы сулемы, азотнокислого серебра и диацида в сочетании с обработкой 70⁰-ным этанолом. Время экспозиции для этанола составило 5 сек, диацида, сулемы и азотнокислого серебра — 6 мин. Принимая во внимание, что вводили в стерильную культуру сорта хризантемы корейской и жимолости съедобной, а не виды, в качестве эксплантов использовали почки молодых побегов, исключив семена (таблица). После стерилизации материал промывали в трех сменах стерильной бидистиллированной воды по 15 мин в каждой, затем высаживали на модифицированную агаризованную среду MS. Пробирки с высаженными эксплантами помещали на стеллажи, где температура воздуха составляла 24°C, освещенность — 4000 лк, относительная влажность воздуха — 70%, фотопериод — 16 часов. Учет инфицированных, окисленных и жизнеспособных эксплантов проводили ежедневно в течение 2 недель. Экспериментальные данные приведены в таблице.

Цифры в таблице свидетельствуют о зависимости выхода жизнеспособных почек от типа стерилизующего соединения, сортовой и видовой принадлежности растения.

Высокий выход (100%) жизнеспособных почек отмечен у двух интродуцированных сортов хризантемы корейской: 'Натали' и 'Злато скифов' независимо от типа стерилизующего соединения.

Несколько ниже этот показатель у сорта 'Интервал' (85%), 'Гранатовый браслет' (90%), 'Мишаль' (95%).

Для интродуцированных сортов жимолости съедобной высокий выход жизнеспособных эксплантов отмечен при стерилизации их 0,1% раствором диацида. Для сорта 'Зойка' этот показатель составил 60%, для — 'Войтек' — 70.

На основании анализа результатов экспериментальных исследований, полученных по изучению влияния стерилизующих соединений на выход жизнеспособных эксплантов у интродуцированных сортов хризантемы корейской и жимолости съедобной, можно констатировать, что выход жизнеспособных эксплантов зависит как от типа стерилизующего соединения, так от сортовой и видовой принадлежности растения. Оптимальным стерилизующим соединением для почек двух интродуцированных сортов хризантемы корейской: 'Натали' и 'Злато скифов' следует считать 0,1%-ный раствор азотнокислого серебра, сулемы и диацида при экспозиции 6 мин, для почек двух других сортов — 'Интервал', 'Гранатовый браслет' — 0,1%-ный раствор сулемы при такой же экспозиции, для почек сорта 'Мишаль' — 0,1%-ный раствор сулемы и диацида; для почек интродуцированных сортов жимолости съедобной: 'Зойка' и 'Войтек' — 0,1%-ный раствор диацида.

Следовательно, с целью предотвращения от инфицирования интродуцированных сортов хризантемы корейской при введении их в культуру *in vitro* следует проводить стерилизацию эксплантов в 0,1% растворе сулемы, азотнокислого серебра и диацида. Экспланты интродуцированных сортов жимолости съедобной необходимо стерилизовать в 0,1%-ном растворе диацида.

Из всех испытанных нами стерилизующих соединений, высокий выход жизнеспособных эксплантов интродуцированных сортов хризантемы корейской получен при использовании трех видов стерилизующих соединений: сулемы, азотнокислого серебра и диацида в концентрации 0,1%; для интродуцированных сортов жимолости съедобной высокий выход жизнеспособных эксплантов характерен при использовании диацида в аналогичной концентрации. Время экспозиции составило 6 минут для всех соединений.

Жизнеспособность эксплантов интродуцированных сортов хризантемы корейской и жимолости съедобной в зависимости от стерилизующих соединений

Вид, сорт	Экс-плант	Концентрация раствора стерилизующего соединения, %								
		Сулема — 0,1			Азотнокислое серебро — 0,1			Диацид — 0,1		
		Время экспозиции, мин								
		6			6			6		
		И	О	Ж	И	О	Ж	И	О	Ж
Хризантема корейская:										
'Натали'	почки	0/0	0/0	20/100	0/0	0/0	20/100	0/0	0/0	20/100
'Интервал'	почки	0/0	0/0	20/100	0/0	3/15	17/85	0/0	0/0	20/100
'Гранатовый браслет'	почки	0/0	0/0	20/100	0/0	2/10	18/90	0/0	3/15	17/85
'Мишаль'	почки	0/0	0/0	20/100	0/0	1/5	19/95	0/0	0/0	20/100
'Злато скифов'	почки	0/0	0/0	20/100	0/0	0/0	20/100	0/0	0/0	20/100
Жимолость съедобная:										
'Зойка'	почки	10/50	0/0	10/50	13/65	0/0	7/35	8/40	0/0	12/60
'Войтек'	почки	12/60	0/0	8/40	15/75	0/0	5/25	6/30	0/0	14/70

Примечание: И — инфицированные, О — окисленные Ж — жизнеспособные экспланты; в числителе количество эксплантов, шт., в знаменателе — %. Расчет производили исходя из 20 эксплантов для каждого сорта.

Список литературы

1. Шумихин С. А. Оптимизация отдельных этапов микроклонального размножения георгины культурной: стерилизация эксплантов. Вестник Пермского университета. 2004, № 2. С. 61–63.
2. Рокитянская Л. С. Поиск эффективных методов стерилизации зрелых зародышей ячменя. Биология — наука XXI века: материалы 9-ой Международной Пушчинской школы-конференции молодых ученых. Пушино, 2005. С. 190.
3. Нескородов Я. Б., Мишуткина Я. В., Гапоненко А. К., Скрябин К. Г. Метод регенерации in vitro побегов подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) из асептических семян, как эксплантов для генетической трансформации. Биотехнология. 2007, № 6. С. 27–33.
4. Badoni A., Chauhan J. S. In vitro sterilization protocol for micropropagation of *Solanum tuberosum* cv. 'Kufri Himalini'. Academia Arena. 2010, Vol. 2, N 4. P. 24–27.
5. Mihaljević Ines et al. In vitro sterilization procedures for micropropagation of 'Oblačinska' sour cherry. Journal of Agricultural Sciences. 2013, Vol. 58, N 2. P. 117–126.
6. Zuraida A. R. et al. Effect of growth regulators on in vitro germination of Coconut matag 2 Zygotic Embryos in liquid and solid culture media. American Journal of Research Communication. 2014, Vol 2, N 7. P. 1–9.
7. Wegayehu F., Firew M., Belayneh A. Optimization of explants surface sterilization condition for field grown peach (*Prunus persica* L. Batsch. cv. 'Garnem') intended for in vitro culture. African Journal of Biotechnology. 2015, Vol. 14, N 8. P. 657–660.
8. Кутас Е. Н., Гаранинова М. В. Влияние стерилизующих соединений на выход жизнеспособных эксплантов рододендронов (*Rhododendron* L.) при введении в культуру in vitro. Вестні НАН Беларусі. Сер. біял. навук. 2015, № 2. С. 13–17.
9. Karule P. et al. A commercial Micropropagation protocol for virupakshi (AAB) banana via apical meristem. African Journal of Biotechnology. 2016, Vol. 15, N 11. P. 401–407.

Морфогенез интродуцированных сортов жимолости съедобной (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn) в зависимости от состава питательных сред

Кутас Е. Н., Грибок Н. А., Веевник А. А., Павловский Н. Б.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь, E. Kutas@cbg.org.by

Резюме. Изучен морфогенез интродуцированных сортов жимолости съедобной на различных модификациях питательных сред, определен оптимальный состав питательной среды для протекания этого процесса. Показана принципиальная возможность регенерации интродуцированных сортов жимолости съедобной двумя методами: 1) путем активации пазушных меристем, 2) через пролиферацию каллуса и последующее образование из него побегов.

Morphogenesis of introduced varieties of honeysuckle edible (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn), depending on the composition of the culture media. Kutas E. N., Gribok N. A., Veyevnik A. A., Pavlovsky N. B. **Summary.** The morphogenesis of introduced varieties of honeysuckle edible on various modifications of nutrient media was studied, the optimum composition of the nutrient medium for the course of this process was determined. The principal possibility of regeneration of introduced varieties of honeysuckle edible by two methods is shown: 1) by activation of axillary meristems, 2) through the proliferation of callus and the subsequent formation of shoots from it.

Вопросу морфогенеза в культуре клеток и тканей посвящена обширная литература. Ее анализ позволяет прийти к выводу, что морфогенез — сложный и многофакторный процесс, зависящий от типа и физиологического состояния экспланта, состава питательной среды, т. е. компонентов, содержащихся в ней (макро — и микроэлементов, витаминов, углеводов, гормональных добавок), а также от pH среды, условий культивирования и целого ряда других факторов [1–6].

Изучение морфогенеза интродуцированных сортов жимолости съедобной на различных модификациях питательных сред, позволит определить оптимальный состав питательной среды для протекания этого физиологического процесса в условиях *in vitro*.

Объектами исследования служили интродуцированные сорта жимолости съедобной: 'Ленинградский великан', 'Лазурная', 'Камчадалка'. Эксперименты были поставлены на трех типах питательных сред (MS, WPM, Андерсена), представленных 9 различными модификациями (табл. 1). В качестве эксплантов использовали микрочеренки трех интродуцированных сортов жимолости съедобной ('Ленинградский великан', 'Лазурная', 'Камчадалка') введенных в стерильную культуру, а также эпикотиль, гипокотиль, семядоли, корешок, листья ювенильных проростков сорта 'Ленинградский великан', полученных нами ранее в асептических условиях на модифицированной питательной среде Андерсена. Стерильные экспланты высаживали на питательные среды Мурасиге-Скуга, WPM и Андерсена в колбы одинакового объема по 15 мл среды в каждой. Высаженный материал культивировали при температуре 26°C, влажности воздуха 56%, фотопериоде 16 ч, освещенности 4000 лк. Повторность опытов трехкратная. Учитывалось

количество побегов на эксплант (шт.), каллусообразование (мг) спустя 45 дней с момента высадки эксплантов на питательную среду. Статистическая обработка данных проведена исходя из 20 эксплантов на повторность. Экспериментальные данные сведены в табл. 2, 3. В них приведены средние арифметические и их стандартные ошибки.

По истечении четырех недель культивирования из одного микрочеренка образовалось в среднем от 1 до 10 микропобегов в зависимости от состава питательной среды (табл. 2). У эксплантов жимолости съедобной (сорт 'Ленинградский великан') (эпикотиль, гипокотиль, семядоли, корешок, листья) через 5–6 недель культивирования образовался органогенный каллус с последующей регенерацией из него вегетативных побегов. При этом следует отметить, что образование органогенного каллуса и дальнейшая регенерация побегов характерны для эксплантов (корешок, эпикотиль, гипокотиль, семядоли, листья), полученных из свежесобранных семян, а для эксплантов, полученных из семян, прошедших стратификацию, побегообразование происходило непосредственно из ткани экспланта, минуя стадию каллусообразования. Логично предположить, что это может быть связано с неодинаковым протеканием физиологических, биохимических, цитологических и других процессов у эксплантов из свежесобранных и стратифицированных семян, а также с разным содержанием эндогенных фитогормонов в них. Вероятно, все вместе взятое послужило основой для регенерации побегов из каллуса без предварительного его пассирования на питательную среду другого состава. Другими словами, индукция каллусогенеза, а затем побегообразование происходили на среде одного и того же состава.

Из табл. 3 следует, что самым высоким морфогенетическим потенциалом обладают все без исключения экспланты жимолости съедобной (сорт 'Ленинградский великан') на средах WPM и Андерсона двух модификаций (№ 8, 9, см. табл. 1). В данном случае в основе морфогенеза жимолости съедобной (сорт 'Ленинградский великан') лежит способность клеток эксплантов дедифференцироваться, другими словами, терять свою прежнюю специализацию и превращаться в каллусные клетки. Превращение специализированных клеток в каллусные связано с индукцией клеточного деления, способность к которому клетки потеряли в процессе дифференциации.

Как показал анализ результатов экспериментальных исследований, полученных по изучению морфогенеза интродуцированных сортов жимолости съедобной на девяти модификациях питательных сред, различающихся по содержанию макро — и микросолей, гормональных добавок, лучшими для морфогенеза изученных растений оказались среды 8-ой и 9-ой модификаций, содержащие в своем составе макро — и микроэлементы по WPM и Андерсону, а также гормональные добавки: 4 мг/л индолилуксусной кислоты и 15 мг/л изопентениладенина (табл. 1). На средах 8-ой и 9-ой модификаций в сравнении с таковыми 1-ой — 7-ой получено максимальное количество побегов на эксплант от 5 до 10 в зависимости от сорта растения (табл. 2).

Таким образом, на основании изучения морфогенетических процессов, протекающих у эксплантов на различных модификациях питательных сред, показана принципиальная возможность регенерации интродуцированных сортов жимолости съедобной — двумя методами: 1) путем активации пазушных меристем, 2) через пролиферацию каллуса и последующее образование из него побегов.

Таблица 1

Состав питательных сред,
для изучения морфогенеза интродуцированных сортов жимолости съедобной

Компонент, мг/л	Модификация среды								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Соли и витамины по MS	+	–	1/2	+	–	–	–	–	–
Соли и витамины по WPM	–	+	–	–	–	–	–	+	–
Соли и витамины по Андерсону	–	–	–	–	+	+	+	–	+
Мезоинозит	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Аденин сульфат	–	80	80	80	80	40	60	80	80
Тиамин	0,4	–	–	0,4	–	0,1	0,1	0,4	0,1
Пиридоксин	–	–	–	0,4	–	–	–	–	–
Индолилуксусная кислота	1,0	5,0	–	2,0	2,0	1,5	2,5	4,0	4,0
Гибберелловая кислота	–	4,0	–	–	–	–	–	–	–
Нафтилуксусная кислота	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Бензиламинопурин	–	–	–	–	–	2,0	–	–	–
Изопентениладенин	10	10	2,0	5,0	4,0	–	10	15	15
Сахароза, г/л	20	20	20	30	30	20	20	30	30
Агар, г/л	9	9	9	9	9	9	9	9	9
pH	6,0	6,0	6,0	6,0	5,6	5,6	5,6	5,8	5,8

Примечание: «+» — компонент присутствует в среде; «–» — компонент отсутствует в среде; 1/2 –половинная доза компонента в среде.

Таблица 2

Побегообразование у интродуцированных сортов
жимолости съедобной в зависимости от состава питательной среды

Номер модификации среды	Количество побегов на один эксплант, шт.		
	‘Ленинградский великан’	‘Лазурная’	‘Камчадалка’
1	3,4±1,1	3,6±1,7	3,6±1,2
2	2,7±1,3	2,1±0,9	3,1±1,0
3	1,5±1,0	1,2±1,0	1,4±0,7
4	1,6±1,2	1,9±0,8	2,0±1,0
5	2,4±0,2	2,1±0,3	1,1±0,6
6	1,2±0,1	1,3±0,1	1,6±0,1
7	1,1±0,3	1,5±1,0	1,4±0,5
8	6,0±0,9	8,0±1,0	5,0±1,6
9	8,0±1,4	10,0±1,3	6,0±1,2

Таблица 3

Морфогенез у интродуцированного сорта жимолости съедобной 'Ленинградский великан' в зависимости от состава питательной среды

Номер модификации среды	Количество регенерантов на один эксплант						
	каллус, мг	побеги, шт.	Источник эксплантов				
			корешок	гипокотиль	эпикотиль	семядоли	листья
1	29,6±2,2	2,0±0,0	+	+	+	+	+
2	148,5±1,4	9,0±2,0	++	++	++	++	++
3	125,0±2,0	7,0±1,0	+	+	+	+	+
4	180,0±2,9	10,0±1,0	+++	+++	+++	+++	+++
5	107,1±1,5	8,0±3,0	+++	+++	+++	+++	+++
6	34,6±1,7	4,0±1,0	+	+	+	+	+
7	62,1±2,3	6,0±2,0	+	+	+	+	+
8	109,0±2,1	11,0±2,0	++	++	++	++	++
9	202,7±5,0	14,0±1,0	+++	+++	+++	+++	+++

Примечание: + — морфогенез низкий, ++ — средний, +++ — высокий.

Список литературы

1. Бутенко Р. Г. Экспериментальный морфогенез и дифференциация в культуре клеток растений. М.: Наука, 1975. — 51 с.
2. Skoog F., Miller C. O. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured *in vitro*. *Indian. J. Plant. Physiol.* 1957, N 11. P. 118–123.
3. Noreldaim H. Effects of nutrient media constituents on growth and development of banana (*Musa spp.*) shoot tips cultured *in vitro*. *African Journal of Biotechnology*. 2012, Vol. 11, N 37. P. 9001–9006.
4. Timofeeva S. N., Elkonin L. A., Tyrnov V. S. Micropropagation of *Laburnum anagyroides* Medic. through axillary shoot egeneration. *In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant*. 2014, Vol. 50, N 5. P. 561–567.
5. Матушкина О. В., Пронина И. Н., Матушкин С. А., Ярмоленко Л. В. Особенности размножения *in vitro* некоторых ягодных культур. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2015, Т. 41. С. 245–249.
6. Martínez P. A. Micropropagation of *Turbinicarpus valdezianus* (Möeller) Glass & Foster (Cactaceae) an Endemic Cactus in Northern Mexico. *HortScience*. 2016, Vol. 51, N 1, P. 94–97.

Сравнительная характеристика гетеротрофных и фотомиксотрофных линий каллусных культур пажитника греческого

Логвина А. О., Юрин В. М.

Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь,
hanna.lohvina@gmail.com

Резюме. В статье представлены результаты исследования гетеротрофных (выращиваемых в темноте) и полученных на их основе фотомиксотрофных (выращиваемых на свету) линий листовых и стеблевых каллусных культур пажитника греческого ярового сорта Ovari 4 и озимой разновидности сорта PSZ.G.SZ. Выявлено, что наиболее высокую удельную скорость роста среди протестированных объектов имели фотомиксотрофные линии каллусов пажитника греческого ярового сорта Ovari 4. Максимальным содержанием фенольных соединений характеризовалась гетеротрофная линия листового каллуса пажитника того же сорта. При этом продолжительное культивирование на свету оказывало стимулирующее действие на уровень накопления стероидных сапонинов во всех фотомиксотрофных линиях каллусных тканей.

Comparative characteristics of heterotrophic and photomixotrophic callus lines of fenugreek. Lohvina H. O., Yurin V. M. **Summary.** The article presents results of a study of heterotrophic (dark-grown) and photomixotrophic (light-grown) lines of leaf and stem callus cultures of fenugreek of «spring-summer» cultivar Ovari 4 and «winter» cultivar PSZ.G.SZ. It has been found that the highest specific growth rate among the tested objects had photomixotrophic lines of fenugreek calli of «spring-summer» cultivar Ovari 4. Heterotrophic line of leaf callus of fenugreek of the same cultivar showed the maximum content of phenolics. Prolonged cultivation under light had a stimulating effect on the level of accumulation of steroid saponins in the all photomixotrophic callus lines.

Разработка приемов культивирования растительных клеток в условиях *in vitro* с целью получения фармакологически активных веществ (ФАВ) является важным направлением биотехнологии растений. Возрастающий интерес к культурам клеток обусловлен истощением природных ресурсов многих ценных лекарственных трав, а также невозможностью увеличения объемов получаемой биомассы некоторых культивируемых растений-продуцентов по причине сложности их акклиматизации и выращивания в новых природных условиях.

Пажитник греческий (*Trigonella foenum-graecum* L.) — древнейшее лекарственное растение с широким спектром терапевтических эффектов, среди которых противораковое, антидиабетическое, противовоспалительное, гепатопротекторное, иммуномодулирующее и гипотензивное действие. Представляет собой богатый источник биологически активных веществ, в частности стероидных сапонинов и фенольных соединений [1]. Применение культуры клеток *in vitro* пажитника позволит создать сырьевую базу, используемую в фармацевтической промышленности, для получения на ее основе сапонин — и фенолсодержащих лекарственных субстанций.

Преимуществом при использовании клеточных культур в качестве продуцентов ФАВ является возможность регуляции их продукции. В большинстве случаев значительного увеличения биосинтетического потенциала культуры клеток в отношении целевых метаболитов можно до-

биться оптимизацией условий культивирования. Свет является одним из важнейших физических факторов регуляции продукционного процесса в растительных клетках. Такие процессы, как рост и морфогенез, регулируются светом посредством активации специфических фоторецепторов (фитохром, криптохром и фототропин) [2]. Кроме этого, клетки под действием света претерпевают изменения в метаболизме, что существенным образом отражается на их биохимических характеристиках. В этой связи культивирование культуры клеток в условиях света может быть эффективным способом стимуляции ростовых процессов, а также синтеза ряда вторичных метаболитов [3].

Целью данной работы было провести сравнительный анализ ростовых и биосинтетических показателей гетеротрофных и фотомиксотрофных каллусных культур пажитника греческого разных сортов.

Объектами изучения служили гетеротрофные и фотомиксотрофные линии каллусов листового и стеблевого происхождения пажитника греческого ярового сорта Ovari 4 (ЛКЯС и СКЯС соответственно) и озимой разновидности сорта PSZ.G.SZ. (ЛКОС и СКОС соответственно). Гетеротрофные каллусные линии были инициированы на основе листовых и стеблевых эксплантов нативных растений пажитника греческого, выращивались в присутствии экзогенного углевода в темноте в условиях микробиологического термостата при температуре 24°C. Фотомиксотрофные линии получены из гетеротрофных путем продолжительного (более 6 месяцев) культивирования на свету в условиях фитостата (14 ч свет/10 ч темнота, интенсивность освещения 3000 лк) при комнатной температуре, имели хлоропласты, при этом оставаясь зависимыми от экзогенного углевода. Культивирование каллусных тканей осуществляли на агаризованной питательной среде Мурасиге и Скуга, дополненной 4% сахарозы и фитогормонами 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислотой, кинетином, индолил-3-уксусной кислотой в различных концентрациях [4]. Для оценки активности прироста биомассы каллусов рассчитывали удельную скорость роста (сут^{-1}) [5]. Общее содержание фенольных соединений в объектах устанавливали по методу Фолина-Чокальтеу и выражали в мг/г сухой массы в эквиваленте галловой кислоты [6]. Общее содержание стероидных сапонинов находили с использованием спектрофотометрической методики [7] и выражали в мг/г сухой массы в эквиваленте диосгенина.

Известно, что у многих культур *in vitro* при их выращивании на свету в значительной степени изменяются ростовые параметры. Так, стимулирующее действие данного фактора на рост показано для культуры клеток *Lemna gibba* [8]. В некоторых случаях был отмечен и обратный эффект, в том числе для каллусов *Ruta graveolens* [9].

Согласно представленным данным (рис. 1), культивируемые на свету линии ЛКЯС и СКЯС характеризовались более высокой скоростью прироста биомассы по сравнению с гетеротрофными линиями.

Фотомиксотрофная и гетеротрофная линии ЛКОС демонстрировали равную активность роста. В то же время свет оказывал ростостимулирующее действие в отношении СКОС, в результате чего удельная скорость роста фотомиксотрофной линии каллуса была ниже по сравнению с гетеротрофной. Уменьшение активности роста данного каллуса при его выращивании на свету может быть обусловлено усилением специализации клеток, связанной со становлением фотосинтетической функции [10]. Тогда как механизм ростостимулирующего действия света, продемонстрированного для фотомиксотрофных линий ЛКЯС и СКЯС, возможно, заключается в активации фитохромной системы, что, в свою очередь, оказывает положительное влияние на митотическую активность и рост клеток [11].

Как уже упоминалось ранее, культивирование растительных клеток *in vitro* на свету может привести к существенным изменениям в направленности и интенсивности их биосинтетических процессов.

Из диаграммы, приведенной на рис. 2 (а), видно, что среди протестированных каллусов только фотомиксотрофная линия ЛКОС характеризовалась более высоким содержанием фенольных метаболитов по сравнению с темновой линией. Фотомиксотрофная линия ЛКЯС уступала по данному показателю гетеротрофной линии. Содержание фенолов в СКЯС и ЛКОС не

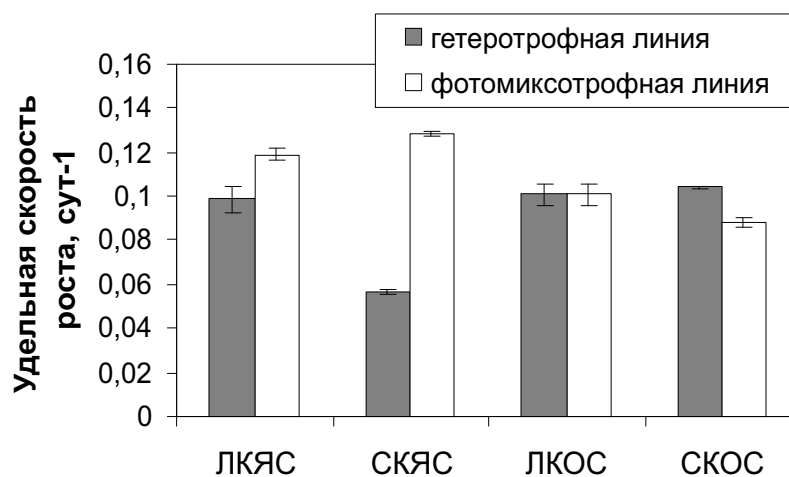
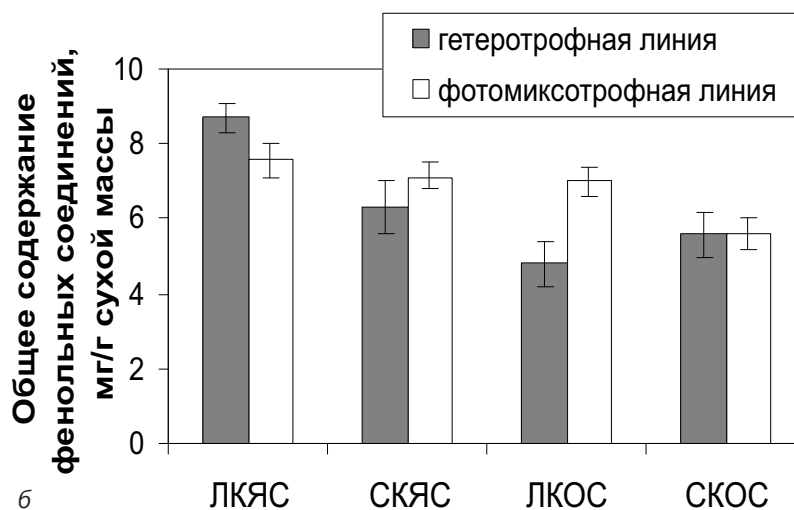
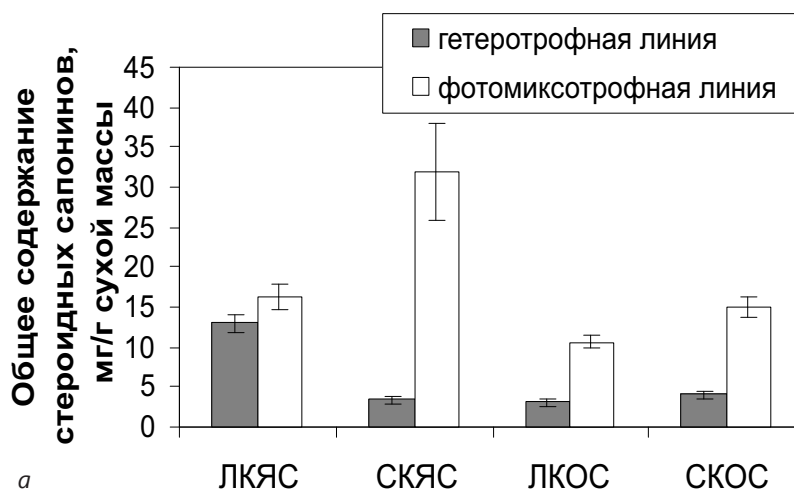


Рис. 1. Удельная скорость роста гетеротрофных и фотомиксотрофных линий каллусных культур пажитника греческого



б



а

Рис. 2. Общее содержание фенольных соединений (а) и общее содержание стероидных сапонинов (б) в гетеротрофных и фотомиксотрофных линиях каллусных культур пажитника греческого

зависело от типа каллусной линии. Наиболее высокое содержание данных метаболитов среди всех исследуемых клеточных культур демонстрировала гетеротрофная линия ЛКЯС. Положительный эффект света на образование фенолов в случае ЛКОС, может быть связан с функционированием хлоропластов, одним из важнейших сайтов локализации ферментов синтеза данных метаболитов в фотосинтезирующей растительной клетке, либо же является проявлением защитного механизма клеток против возможного провоцируемого светом окислительного стресса, как и равно результатом активации фитохромной системы, регулирующей образование данных метаболитов. Более высокое же содержание фенольных соединений в ЛКЯС, выращиваемом в темноте, по сравнению с культивируемым на свету может объясняться высокой активностью внехлоропластных ферментных систем синтеза данных метаболитов, ответственных за их образование в этиолированных растениях и темновых клеточных культурах. Вероятно, в выращиваемой на свету фотомиксотрофной линии ЛКЯС работа данных биосинтетических путей подавлялась функционированием хлоропластных ферментных систем образования фенолов [12; 13].

На рис. 2 (б) представлена диаграмма, отражающая результаты определения общего содержания стероидных сапонинов в каллусных линиях пажитника греческого, выращиваемых в темноте и на свету. В соответствии с полученными данными, все исследуемые фотомиксотрофные линии демонстрировали более высокое содержание стероидных сапонинов по сравнению с гетеротрофными. Наиболее значительный положительный эффект света на указанный показатель был характерен для фотомиксотрофной линии СКЯС. Из литературных данных известно, что предшественниками стероидных сапонинов являются стерины. Данные соединения представляют собой компоненты мембран и в большом количестве содержатся в интенсивно функционирующих мембранных органеллах, в частности в хлоропластах [14]. Повышенное содержание стеринов в содержащих хлоропласты клетках фотомиксотрофных тканей может стимулировать образование стероидных сапонинов в условиях наличия соответствующих ферментов, что объясняет более высокое содержание последних в каллусах, выращиваемых на свету, по сравнению с темновыми.

Таким образом, продолжительное выращивание каллусных культур пажитника греческого на свету оказало выраженное положительное действие на уровень накопления стероидных сапонинов: все исследуемые фотомиксотрофные линии каллусов обнаруживали более высокое содержание данных метаболитов по сравнению гетеротрофными линиями. Влияние света на скорость прироста биомассы каллусов и общее содержание фенольных соединений в данных объектах было неоднозначным. Ростостимулирующий эффект света наблюдался только в случае фотомиксотрофных линий ЛКЯС и СКЯС, а повышение уровня накопления фенолов было отмечено лишь для фотомиксотрофной линии ЛКОС.

Список литературы

1. Basch E., Ulbricht C., Kuo G., Szapary P, Smith M. Therapeutic applications of fenugreek. *Alternative Medicine Review*, 2003, v. 8, iss. 1, p. 20–27.
2. Bögre L., Beemster G. Light and the control of plant growth. *Plant Cell Monographs*, 2008, v. 10, p. 223–242.
3. Юрин В. М., Дитченко Т. И., Шапчиц М. П., Ромашко С. Н. Экзогенная регуляция вторичного метаболизма в культуре клеток и тканей растений. *Труды БГУ. Серия: Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем*, 2008, т. 10, ч. 2, с. 118–127.
4. Логвина А. О. Физиолого-биохимические характеристики клеточных культур *Trigonella foenum-graecum*: дис. Канд. биол. наук: 03.01.05. Минск, 2015, 239 с.

5. Калинин Ф. Л., Сариацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. Киев: Наук. Думка, 1980, 488 с.
6. Slinkard K., Singleton V. L. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. American journal of enology and viticulture, 1977, v. 28, p. 4955.
7. Baccou J. C., Lambert F., Sauvaire Y. Spectrophotometric method for the determination of total steroidal saponin. Analyst, 1977, v. 102, p. 458–465.
8. Moon H. A. Stompe effects of medium components and light on callus induction, growth, and frond regeneration in *Lemna gibba* (Duckweed). *In vitro Cellular and Development Biology — Plant*, 1997, v. 1, p. 20–25.
9. Смолов А. П. Рост и физиологическая характеристика культуры ткани *Ruta graveolens*: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12. Пущино, 1984, 23 с.
10. Matkowski A. Plant *in vitro* cultures for the production of antioxidant. *Biotech. Adv.*, 2008, v. 26, p. 548–560.
11. Davidson A. W., Yeoman M. M. A phytochrome-mediated sequence of reactions regulating cell division in developing callus cultures. *Ann Bot.*, 1974, v. 38, iss. 3, p. 545–554.
12. Achnine L., Blancaflor E. B., Rasmussen S., Dixon R. A. Colocalization of L-phenylalanine ammonia-lyase and cinnamate 4-hydroxylase for metabolic channeling in phenylpropanoid biosynthesis. *The Plant Cell*, 2004, v. 16, p. 3098–3109.
13. Brillouet J. M., Romieu C., Schoefs B., Solymosi K., Chenier V., Fulcrand H., Verdeil J.-L., Conejero G. The tannosome is an organelle forming condensed tannins in the chlorophyllous organs of *Tracheophyta*. *Annals of Botany*, 2013, v. 112, P. 1003–1014.
14. Grunwald C. Sterol distribution in intracellular organelles isolated from tobacco leaves. *Plant Physiol.*, 1970, v. 45, iss. 4, p. 663–666.

Анализ генетического разнообразия представителей рода *Fragaria* L., произрастающих на территории Республики Беларусь

Межнина О. А., Урбанович О. Ю.

Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси», Минск, Беларусь, olgamezhnina@gmail.com

Резюме. С помощью технологии молекулярных маркеров проведено исследование генетического разнообразия 76 представителей рода *Fragaria* L., произрастающих в Республике Беларусь. Предложен набор из 8 SSR-маркеров, обладающий достаточной степенью информативности для идентификации как сортов земляники садовой отечественной и зарубежной селекции, так и произрастающих в диком виде представителей рода *Fragaria* L.

Meznina O. A., Urbanovich O. Yu. **Summary.** The study of genetic variability 76 *Fragaria* L. representatives, grown in the Belarus with using the technology of molecular markers was held. Proposed a set of 8 SSR markers, with has a sufficient degree of informativeness for identification cultivars of strawberries of domestic and foreign breeding, as well as wild *Fragaria* L. representatives.

Молекулярные методы идентификации живых организмов в настоящее время находят обширную область применения, как для научных исследований, так и для решения многих практических задач. В частности, развитие молекулярных методов идентификации способствует сохранению уникальных генетических ресурсов растений, произрастающих в разных климатических зонах. Генетический потенциал сортов важнейших сельскохозяйственных культур, таких как пшеница, томаты, картофель, яблоня, был оценен в ряде работ [1–3]. Однако анализ литературных данных показывает, что наблюдается недостаток знаний о генетическом разнообразии представителей рода *Fragaria* L., произрастающих в Беларуси. Вместе с тем, по данным ФАО, производство земляники садовой за последние годы в нашей стране значительно увеличилось (с 19 тыс. т. в 1994 г. до 63,8 тыс. т. в 2014 г.). Интенсификация ягодоводства требует использования новых сортов, отвечающих возрастающим современным требованиям, среди которых скороплодность и высокая урожайность сортов, отзывчивость на высокую агротехнику, устойчивость к вредителям и болезням, пригодность для механизированного возделывания и уборки урожая, высокие товарные и технологические качества. Кроме того, при коммерческом распространении сортов, экспортных/импортных закупках зачастую возникают спорные вопросы, касающиеся охраны авторских прав селекционеров. Используемые в настоящее время морфологические методы не всегда обладают достаточной разрешающей способностью для идентификации генетически близкого материала. Этому недостатка лишены молекулярные маркеры, которые отличаются высокой точностью и хорошей воспроизводимостью результатов. В связи с этим целью данного исследования являлось изучение генетического разнообразия представителей рода *Fragaria* L., а также разработка метода их ДНК-идентификации.

Объектом исследования служили сорта земляники садовой, возделываемой в Республике Беларусь (материал предоставлен РУП «Институт плодоводства» (Самохваловичи)), а также

произрастающие в диком виде представители рода *Fragaria* L., полученные из Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси. Выделение тотальной ДНК из фрагмента листа отдельного растения осуществляли с помощью набора «Genomic DNA Purification Kit», Thermo Scientific, согласно методике производителя. В исследовании использовали SSR-маркеры, специфичные для геномов *F. vesca* [4] и *F. nubicola* [5]. Состав реакционной смеси, с конечным объемом 20 мкл, был следующий: 1×ПЦР буфер с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 1,5 мМ MgCl_2 , 200 мкМ смеси dNTP, 0,2 мкМ каждого из праймеров, 20–50 нг ДНК и 1 ед. Taq-полимеразы (Thermo scientific, ЕС). Реакцию ПЦР проводили по следующей программе: 1 цикл продолжительностью 4 мин при 94°C; 40 циклов, включающих: 30 сек при 94°C, 45 сек при 56°C, 1 мин при 72°C; заключительная элонгация — 5 мин при 72°C. Разделение фрагментов ПЦР выполняли на автоматическом секвенаторе 3500Genetic Analyzer (Applied Biosystems, США). Размер фрагментов рассчитывали с помощью компьютерной программы GeneMapper® Software v4.1 относительно стандартных образцов ДНК известной длины. В качестве стандарта молекулярного веса использовали внутренний стандарт S450 (Синтол, Россия). Дискриминационная сила маркера (PD) была рассчитана по формуле $PD = 1 - \sum (g_i)^2$, где g_i — частота встречаемости i -ого генотипа. Дендрограмма генетического сходства сортов земляники садовой была получена с помощью программы Treemap методом UPGMA, основываясь на коэффициенте генетического сходства Nei и Li.

Для анализа генетического разнообразия представителей рода *Fragaria* L., произрастающих на территории Республики Беларусь, была сформирована коллекция образцов, включающая 73 селекционных сорта различного генетического происхождения, а также такие дикорастущие виды как *F. vesca*, *F. viridis* и *F. moschata*. Для оценки их генетического разнообразия привлечено 8 SSR-маркеров. Для каждого маркера определялась длина аллелей и количество полиморфных фрагментов для каждого образца. Наименее полиморфными оказались локусы FG7 ab и FG2 cd. Количество обнаруженных в них аллелей составило 7 и 8 соответственно. В локусах FG2 ab и UFFa3-D11 выявлено 10 и 12 аллелей. Локусы FG7 cd и EMFn170 обнаружили одинаковое число аллелей — 13 (табл. 1). В общей сложности среди 76 образцов было выявлено 99 полиморфных аллелей, среди которых 32 редких аллеля (встречались у 2% образцов и менее). Основным источником редких аллелей являлись дикорастущие представители рода *Fragaria* L. (*F. vesca*, *F. viridis* и *F. moschata*). Для отдельных аллелей частота встречаемости была очень высокой. Так, в локусе FG7 ab с наибольшей частотой встречались аллели: 136 п. н. (31%), 148 п. н. (26%). В локусе FG7 cd с одинаковой частотой (25%) встречались аллели 240 п. н. и 249 п. н., аллель 257 п. н. встречался с частотой 19%. Значение дискриминационной силы маркера (PD), рассчитанное для каждого локуса, колебалось от 0,71 для локуса FG7 cd до 0,91 для локуса EMFvi136. Среднее значение PD для 8 SSR-локусов составило 0,84. Полученное значение дискриминационной силы свидетельствует о достаточно высокой разрешающей способности данного набора маркеров.

Таблица 1
Количество и длина SSR-аллелей в геноме *Fragaria* L.

Маркер	Детектируемые SSR-аллели в геноме земляники садовой (п. н.)	PD
FG7 ab	136, 148, 155, 164, 166, 173, 181	0,77
FG7 cd	228, 240, 246, 249, 257, 263, 269, 294, 299, 306, 312, 336, 359	0,82
FG2 ab	292, 316, 320, 322, 328, 334, 338, 342, 362, 374	0,83
UFFa3-D11	181, 186, 193, 196, 199, 201, 205, 207, 211, 215, 217, 219	0,87
FG2 cd	387, 393, 399, 405, 416, 419, 423, 427	0,71
EMFvi136	121, 129, 135, 137, 141, 143, 147, 149, 157, 159, 161, 163, 167, 169, 173, 181, 185, 192, 195	0,91
EMFn121	217, 225, 229, 233, 237, 239, 241, 243, 245, 247, 249, 253, 255, 257, 265, 268, 273	0,89
EMFn170	194, 200, 202, 204, 206, 208, 212, 218, 220, 228, 230, 234, 240	0,89

На основе рассчитанных генетических дистанций между образцами проведен кластерный анализ и сформировано единое консенсусное дерево, в каждом узле которого указан процент поддержки данного кластера (рис. 1). Как видно из представленной дендрограммы, все образцы отличаются друг от друга на генетическом уровне и имеют уникальный состав аллелей в локусах микросателлитных последовательностей. Генетические расстояния между образцами колеблются от 0,08 до 0,88. На наибольшем генетическом расстоянии находятся и образуют отдельный кластер сорта дикорастущие виды *F. vesca*, *F. viridis* и *F. moschata*. На большом генетическом расстоянии от остальных сортов земляники садовой находится сорта Senga Sengana и Pink Panda. Сорт Pink Panda является межвидовым гибридом *Fragaria chiloensis* с *Potentilla palustris*, имеет значительные морфологические отличия от остальных сортов земляники садовой и ча-

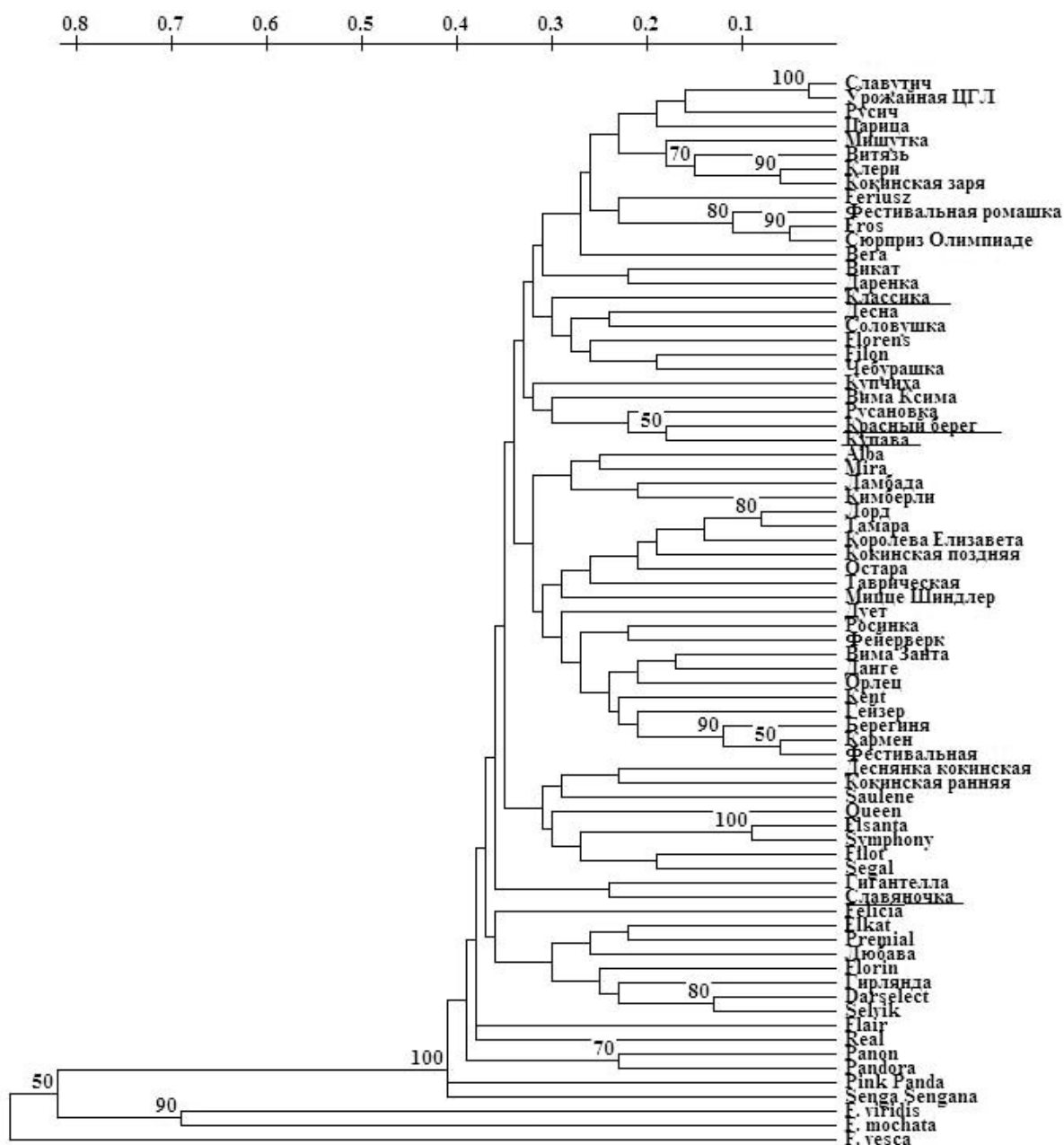


Рис. 1. Дендрограмма генетического сходства представителей рода *Fragaria* L., построенная на основе результатов SSR-анализа. Цифры на дендрограмме обозначают значения бутстрепа. На шкале сверху отмечено генетическое расстояние

ще используется в декоративных целях. Сорт Senga Sengana получен при скрещивании сортов Markee × Sieger в 1954 году на территории Германии. Сорта, использованные при его создании, не встречались в родословной взятых для исследования образцов земляники садовой. Сорта белорусской селекции (на рис. 2 отмечены подчеркиванием) не образуют отдельного кластера и генетически тесно связаны с сортами иностранной селекции. Полученные результаты, как и результаты исследований Brunings [6] и Gil-Ariza [7], показывают, что сорта земляники садовой, культивируемые в промышленных масштабах, обладают значительным генетическим сходством.

Полученные результаты демонстрируют, что сорта земляники садовой, выращиваемые в Республике Беларусь, характеризуются значительным генетическим сходством аллелей локусов микросателлитных последовательностей. Данный вывод согласуется с результатами, полученными при исследовании сортов европейской селекции [6, 8]. Предложенный в настоящем исследовании набор маркеров достаточно информативен и позволяет идентифицировать сорта земляники садовой как белорусской, так и иностранной селекции, а также генотипы дикорастущих и декоративных представителей рода *Fragaria* L. Заключение

Молекулярное исследование геномов представителей рода *Fragaria* L., произрастающих в Беларуси, показало, что они характеризуются невысоким генетическим разнообразием. SSR-анализ выявил тесную генетическую связь сортов земляники садовой селекции Беларуси, России, Германии, Польши и других стран. Предложен набор 8 SSR-маркеров, обладающий достаточной степенью информативности для идентификации сортов земляники садовой отечественной и зарубежной селекции, выращиваемых в Беларуси. Анализ локусов микросателлитных последовательностей, выявляемых с помощью выбранных маркеров, позволил выявить 76 различных генотипа среди 76 образцов рода *Fragaria* L.

Список литературы

1. The use of microsatellites for detecting DNA polymorphism, genotype identification and genetic diversity in wheat / M. Prasad [et al.] // *Theor Appl Genet.* — 2000. — Vol. 100. — P. 584–592.
2. Genetic diversity and structure of local apple cultivars from Northeastern Spain assessed by microsatellite markers / J. Urrestarazu [et al.] // *Tree Genet. and Genom.* — 2012. — Vol. 8. — P. 1163–1180.
3. Construction of an integrated microsatellite and key morphological characteristic database of potato varieties on the EU common catalogue / A. Reid [et al.] // *Euphytica.* — 2011. — Vol. 182. — P. 239–249.
4. A genome-enabled, high-throughput, and multiplexed fingerprinting platform for strawberry (*Fragaria* L.) / A. Chambers [et al.] // *Mol Breeding.* — 2013. — Vol. 31. — P. 615–629.
5. A genetic linkage map of microsatellite, gene-specific and morphological markers in diploid *Fragaria* / D. Sargent [et al.] // *Theor Appl Genet.* — 2004. — Vol. 109, № 7. — P. 1385–1391.
6. Implementation of simple sequence repeat markers to genotype Florida strawberry varieties / AM. Brunings [et al.] // *Euphytica.* — 2010. — Vol. 173. — P. 63–75.
7. Impact of plant breeding on the genetic diversity of cultivated strawberry as revealed by expressed sequence tag-derived simple sequence repeat markers / DJ. Gil-Ariza [et al.] // *J Am Soc Hortic Sci.* — 2009. — Vol. 134, № 3. — P. 337–347.
8. A reliable multiplexed microsatellite set for genotyping *Fragaria* and its use in a survey of 60 *F. × ananassa* cultivars / C. Govan [et al.] // *Mol Breed.* — 2008. — Vol. 22, № 4. — P. 649–661.

Биотехнологические аспекты культивирования *in vitro* некоторых перспективных сортов ягодных культур

Молканова О. И.

Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН, г. Москва, Россия, molkanova@mail.ru

Резюме. Разработка эффективных методов устойчивого воспроизводства растений является основной работой по сохранению генофонда *in vitro*. Работа посвящена усовершенствованию методик клонального микроразмножения и сохранению ценных ягодных культур. В ГБС РАН сформирована коллекция *in vitro*, включающая в себя более 300 видов, сортов и отборных форм плодовых и ягодных культур, которые сохраняются в условиях замедленного роста (3–7°C).

Biotechnological aspects of cultivation *in vitro* of some promising berry crops varieties. Molkanova O. I. **Summary.** Development of effective methods of sustainable production of plants is the basis of conservation of the gene pool. The work is devoted to improve the technology of microclonal propagation and conservation of valuable varieties of berry plants. The sterile cultures bank which includes more than 300 species and varieties of berry crops, stored in conditions of slow growth (3–7°C), is created in the MBG RAS. Ягодные культуры имеют важное хозяйственное и экономическое значение. Эти растения являются основным источником поступления в организм человека биологически активных веществ (витаминов, ферментов, минеральных солей, органических кислот и др.). Одним из резервов повышения производства ягод является использование для закладки плодоносящих плантаций оздоровленного высококачественного посадочного материала, полученного с использованием современных биотехнологических методов [1].

С целью выявления наиболее перспективных сортов и отборных форм плодовых и ягодных культур для введения в культуру *in vitro*, проводился скрининг коллекционных фондов ведущих ботанических и селекционных учреждений. В настоящее время генетический банк *in vitro* плодовых и ягодных культур ГБС РАН является одним из самых представительных в России и содержит 305 культиваров и отборных форм, 15 родов из 6 семейств. Наиболее полно представлены семейства Rosaceae, Actinidiaceae, Saprifoliaceae (рис. 1).

Разработка и совершенствование эффективных методов устойчивого воспроизводства растений является необходимым этапом при создании генетического банка *in vitro* и основной работой по сохранению генофонда. Использование системы *in vitro* в современном садоводстве позволит получить оздоровленный посадочный материал, свободный от вирусов и патогенов, тиражировать материал, трудно размножаемый традиционными способами, создавать генетические коллекции и длительно хранить ценные генотипы [2].

Основными факторами, определяющими процесс органогенеза, являются: генотип, эпигенетические характеристики клеток экспланта, физиологическое состояние интактных растений, состав питательной среды и условия культивирования. Различия в реализации морфогенетического потенциала обусловлены, прежде всего, генотипическими особенностями растений. Для каждого генотипа существуют предел нормы реакции, который изменяется под воздействием экзогенных факторов [3]. Выбор оптимальной модели культивирования *in vitro*

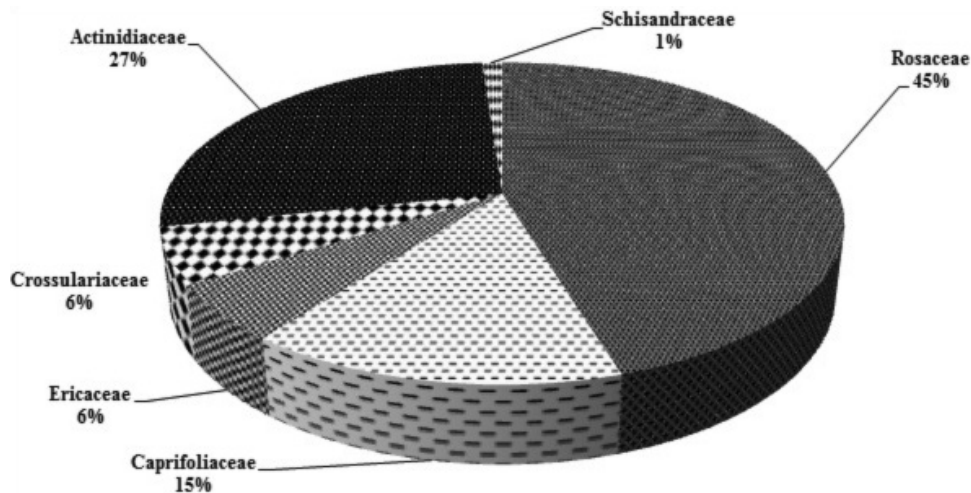


Рис. 1. Количественный состав плодовых и ягодных культур в генетическом банке *in vitro* ГБС РАН

и особенности клонального микроразмножения различных таксономических групп растений тесно связаны с их биологическими особенностями. При изучении представителей семейств: Actinidiaceae, Rosaceae прослеживается корреляция между динамикой роста при интродукции и темпами развития регенерантов в культуре *in vitro*.

При культивировании эксплантов родов *Actinidia*, *Lonicera*, *Rubus*, для большинства генотипов на питательных средах MS с различной концентрацией 6-BAР (0,2–1,5 мг/л) через три недели происходило образование конгломератов, содержащих от 0,5 до 25,7 адвентивных микропобегов в зависимости от вида и сорта. Использование питательных сред с повышенным содержанием регуляторов роста (более 2,0 мг/л), в большинстве случаев приводило к появлению витрофицированных микропобегов, которые в дальнейшем хуже укоренялись.

При исследовании морфогенеза ягодных культур на этапе собственно размножения была показана эффективность использования двух методов — индукции множественного побегообразования и микрочеренкования побегов с хорошо развитыми междоузлиями, что позволило значительно повысить коэффициент размножения.

Максимальным морфогенетическим потенциалом характеризовались представители рода *Lonicera* L. У *L. tolmachevii* коэффициент размножения составил 75,8, у сортов *L. edulis* — 37,5 при культивировании на питательной среде Кворина-Лепорье с добавлением 1,3 мг/л 6-BAР и 0,02 мг/л IAA. Виды рода *Rubus* отличались по способности к размножению в культуре *in vitro*. Наблюдалось снижение регенерационного потенциала в следующей последовательности: сорта ежевики, малино-ежевичные гибриды, сорта малины красной, сорта малины черной. Для малины — как обычного плодоношения, так и ремонтантных сортов — наблюдали увеличение коэффициента размножения и лучшее развитие микропобегов при увеличении в 2 раза содержания хелата железа в питательной среде. При этом коэффициент размножения в среднем составил $14,9 \pm 0,4$. Это согласуется с экспериментальными данными, полученными другими исследователями [4, 5] (рис. 2).

Использование GA в концентрации 0,1–0,5 мг/л при культивировании растений рода *Rubus* приводило к достоверному увеличению длины микропобега. Для представителей родов *Actinidia*, *Lonicera* применение GA в концентрации 0,3 мг/л оказалось неэффективным, т. к. приводило к формированию конгломератов с вытянутыми и тонкими микропобегами. У всех изученных сортов родов *Actinidia*, *Rubus* выявлена тенденция увеличения коэффициента размножения и длины микропобегов при изменении источника углеводного питания — сахарозы на глюкозу.

Также необходимо отметить специфические требования культивирования у представителей семейства Grossulariaceae. Для успешного микроразмножения различных сортов кры-

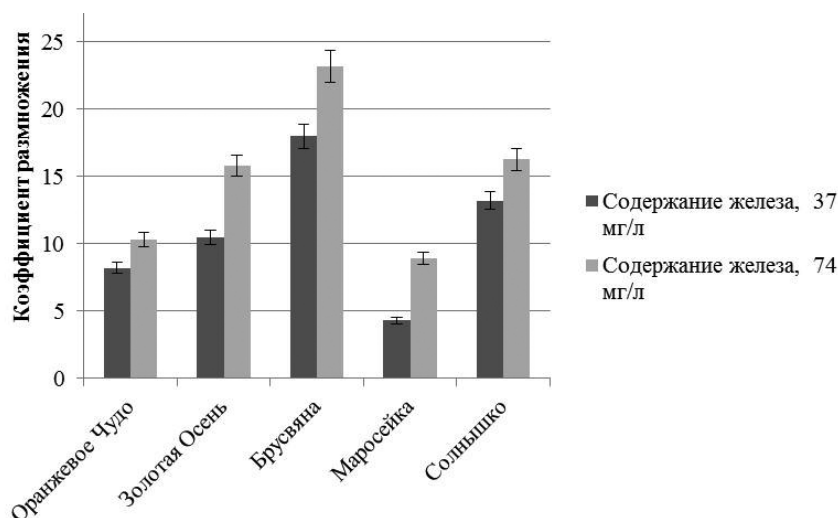


Рис. 2. Влияние содержания железа в питательной среде на коэффициент размножения разных сортов *Rubus*

жовников было необходимо содержание культуры при пониженной температуре (15–18°C) и освещении 1500 лк и уменьшение в 1,5–2 раза содержания аммонийного и нитратного азота (особенно аммиачной формы).

У большинства ягодных культур при длительном культивировании эксплантов на этапе собственно микроразмножения наблюдалось явление спонтанного ризогенеза. На этапе укоренения частота корнеобразования зависела как от таксономической принадлежности, так и от используемого ауксина. Для большинства изученных ягодных культур наиболее эффективно использовать IAA (0,5–1,5 мг/л).

В результате проведенных исследований оптимизированы условия клонального микроразмножения изучаемых ягодных культур с учетом биологических особенностей таксонов. Факторы, определяющие морфогенетические процессы *in vitro* в первую очередь связаны с таксономической принадлежностью и генетическими особенностями исходных растений. Изучение регенерационного потенциала эксплантов ягодных культур, выявление закономерностей их роста и развития под влиянием различных факторов культивирования дает возможность разрабатывать методические основы формирования генетического банка ягодных культур *in vitro*.

Список литературы

1. Казаков И. В., Айтджанова С. Д., Евдокименко С. Н., Сазонов Ф. Ф., Кулагина В. Л., Андропова Н. В. Ягодные культуры в Центральном регионе России. — М.: ФГБНУ ВСТИСП, 2016. — 233 с.
2. Высоцкий В. А. Биотехнологические методы в системе производства оздоровленного посадочного материала плодово-ягодных культур. Автореферат диссертации на соискание научной степени доктора с.-х. наук. — М., 1998. — 109 с.
3. Молканова О. И., Коновалова Л. Н., Стахеева Т. С. Особенности размножения и сохранения коллекции ценных и редких видов растений в условиях *in vitro* // Бюллетень Никитского ботанического сада, 2016. — Вып. 120. — С. 17–23.
4. Муратова С. А., Соловых Н. В., Терехова В. И. Индукция морфогенеза из изолированных соматических тканей растений // Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2011. — 107 с.
5. Малаева Е. В., Коротков О. И., Сафронова Г. Н., Жолобова О. О., Буганова А. В. Клональное микроразмножение редких и ценных видов растений. — М.: Планета, 2014. — 44 с.

Размножение хост в культуре *in vitro* фрагментами цветоносов

Мухаметвафина А. А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический сад-институт Уфимского научного центра Российской академии наук, Уфа, Республика Башкортостан, Россия, mukhametvafina@mail.ru

Резюме. Показана возможность использования фрагментов цветоноса в качестве explantов при размножении хост в культуре *in vitro*. Способность к индуцированному морфогенезу фрагментов цветоноса существенно зависит от видовых особенностей хост, а также от состава питательной среды.

Propagation *in vitro* of *Hosta* Tratt. of floriferous shoot fragments. Mukhametvafina A. A. **Summary.** The possibility of use lily of floriferous shoot fragments as explants for *Hosta* Tratt. propagation *in vitro* is shown. The ability to induced morphogenesis of floriferous shoot fragments is significantly connected from plaintain lily species peculiarities as well as from composition of nutrient media

По своей популярности хосты ничуть не уступают красивоцветущим растениям и ценятся, в первую очередь, за декоративную листву, неприхотливость и теневыносливость; хоста по праву считается королевой теневого сада. Все виды хост — травянистые, бесстебельные коротко корневищные растения. Утолщенное корневище имеет большое количество шнуровидных корней, достигающих глубины 20–30 см, густо переплетающихся и прочно закрепляющих растение в почве. Листья прикорневые, длинночерешковые, сердцевидные и ланцетные, заостренные, с заметным жилкованием. Лиловые, синеватые или белые цветки хосты собраны в изящную многоцветковую кисть, возвышающуюся над листьями.

Для того чтобы удовлетворить огромный спрос на высокодекоративные виды и сорта хост в последние годы успешно используют метод культуры *in vitro* (Вечернина, 2004; Жолобова, 2012; Ахметова и др., 2015). Использование этого метода является оптимальным решением задачи массового производства ценных генотипов растений. Помимо высокого коэффициента размножения преимущества этого метода заключаются еще и в возможности культивирования растений круглый год, незначительных затратах площадей для стерильного выращивания растений, освобождении растительного материала от вирусных, бактериальных и грибных болезней.

Целью данной работы являлось выявление перспективности использования как explанта генеративных органов хост и определение их регенерационной способности.

Объектами исследований являлись растения двух видов произрастающие на территории Ботанического сада-института УНЦ РАН: *H. albomarginata* и *H. plantaginea*.

В работе использовали фрагменты цветоносов на ранней стадии развития. Использование цветоносов в более поздние сроки развития (начало окрашивания бутонов) к положительным результатам не привело.

Работу в асептических условиях, стерилизацию питательных сред и explantов проводили согласно имеющимся рекомендациям.

В работе использовали питательную среду по прописи Мурасиге и Скуга (1962). Для инициации морфогенетических процессов в качестве регуляторов роста использовали 6-бензилами-

нопури (БАП), α -нафтилуксусную кислоту (НУК), индолилуксусную кислоту (ИУК). Концентрации и комбинации регуляторов использовали по разработанной ранее методике для лилий (Байбурина и др., 2006).

Пробирки с эксплантами культивировали на свету при 16-ти часовом фотопериоде, освещенности 3000 лк, температуре 26°C и относительной влажности воздуха 70%. Проводили трехкратную пересадку на свежие питательные среды каждые два месяца.

Фрагменты цветоносов отмывали в растворе детергента и ополаскивали водопроводной водой. Позже в асептических условиях выдерживали 1 мин в 70%-ном растворе этанола, затем 10, 15 и 18 мин в 0,1%-ном растворе диацета и трижды по 15 мин промывали в автоклавированной дистиллированной воде.

Как показывают результаты эксперимента в табл. 1 в исследуемом диапазоне времени, получено около половины неинфицированных эксплантов. Последующее увеличение экспозиции, возможно и повысит процент стерильных эксплантов, но число жизнеспособных уменьшится.

Таблица 1

Процент неинфицированных и жизнеспособных эксплантов из фрагментов цветоноса хост при обработке 0,1% раствором диацета

Объект	Экспозиция, мин					
	10		15		18	
	неинфицированные	жизнеспособные	неинфицированные	жизнеспособные	неинфицированные	жизнеспособные
<i>H. albomarginata</i>	49,25	19,35	48,21	33,33	55	18,19
<i>H. plantaginea</i>	53,45	19,35	52,38	25,93	58,62	17,89

В асептических условиях цветонос разделили на фрагменты оси соцветия высотой 0,5–0,7 см, бутоны и прицветники, и высадили на три варианта питательной среды: 1) MS без добавления регуляторов роста (контроль), 2) MS с добавлением БАП 1,0 мг/л и ИУК 0,5 мг/л, 3) MS с добавлением кинетина 0,1 мг/л + БАП 0,9 мг/л + ИУК 0,05 мг/л + НУК 0,07 мг/л.

Результаты наблюдений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициент размножения на эксплантах хост

Объект исследования	Концентрация регуляторов роста, мг/л			Коэффициент размножения	
	БАП	ИУК	Кинетин	Прицветник	Ось соцветия (фрагмент)
<i>H. albomarginata</i>	0	0	0	–	–
	1,0	0,5	0	4,20±0,95	3,70±0,73
	1,0	1,0	1,0	1,80±0,77	2,30±0,47
<i>H. plantaginea</i>	0	0	0	–	–
	1,0	0,5	0	2,30±0,47	1,35±0,49
	1,0	1,0	1,0	3,60±0,88	2,35±1,04

На контрольной среде экспланты уже в первые дни культивирования пожухли и пожелтели, что в конечном итоге привело к полному некрозу эксплантов.

На остальных двух средах наблюдалось утолщение эксплантов. В соответствии с рис. 1 на базальном конце прицветника (а, б) и оси соцветия (в) наблюдалось небольшое утолщение, на

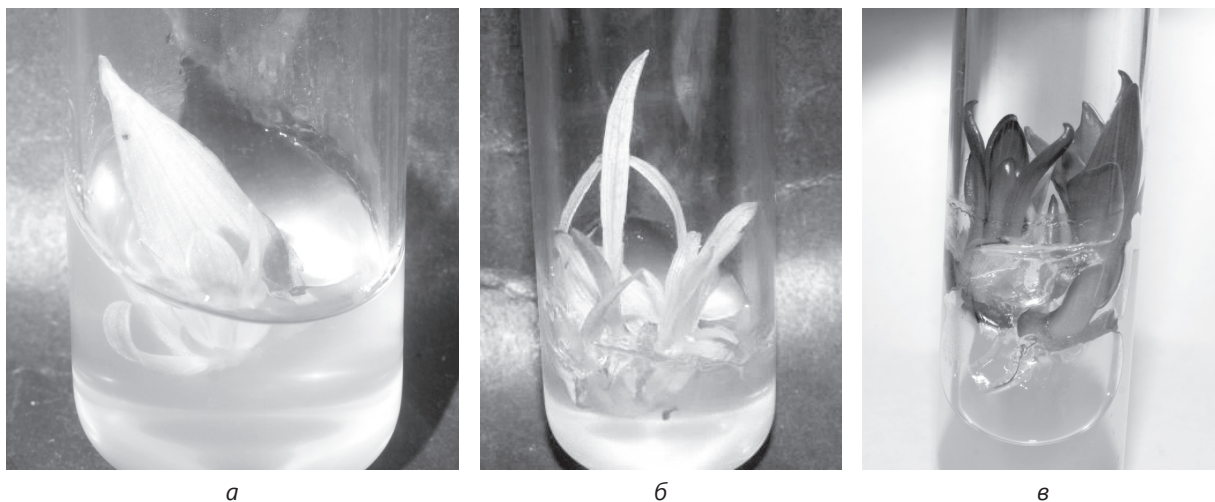


Рис. 1. Образование микропобегов у *H. albomarginata* на прицветниках (а, б) и основании оси соцветия (в)



Рис. 2. Укоренение побегов *H. albomarginata* на питательной среде MS без добавления регуляторов роста (а) и с добавлением БАП и НУК по 1,0 мг/л (б)

котором в течение месяца появлялись микропобеги. На основании оси соцветия образуются более крупные побеги по сравнению с таковыми на основании прицветников. Число образовавшихся побегов равнялось 2–5 шт. на эксплант.

Питательная среда с добавлением БАП 1,0 мг/л и ИУК 0,5 мг/л являлась наиболее оптимальной для *H. albomarginata*, для *H. plantaginea* лучшей оказалась среда с добавлением БАП, ИУК, кинетин по 1,0 мг/л. Коэффициент мультипликации немного выше был у *H. albomarginata*, чем у *H. plantaginea*, что можно объяснить видовыми особенностями исследуемых объектов. Высоким морфогенетическим потенциалом характеризовались экспланты прицветников.

Следующим этапом культивирования являлось укоренение побегов. Было испытано два варианта питательной среды: MS без добавления регуляторов роста и MS с добавлением БАП и НУК по 1,0 мг/л.



Рис. 3. Перевод растений-регенерантов в почву *N. plantaginea*

Оптимальной средой для укоренения являлась питательная среда MS без добавления регуляторов роста. Через 7–10 дней на этой питательной среде отмечалось начало формирования корней у побегов. Уже через месяц развивались растения-регенеранты, пригодные для перевода в условия *in vivo*. Образовывалась мощная корневая система длиной 4–5 см, длина побега составляла 3–5 см. Растеньица имели от 3 до 6 листьев (рис. 2, а).

На питательной среде MS с добавлением регуляторов роста БАП и НУК по 1,0 мг/л корнеобразования практически не было (рис. 2, б), корни находились в зачаточном состоянии. Эта среда скорее способствовала дальнейшей пролиферации побегов.

Растения-регенеранты со сформировавшимися побегами и развитой корневой системой переводили в почвенный субстрат. Для этого готовили рассадные ящики, на дно которых помещали дренаж, затем насыпали почвенную смесь песка с землей в соотношении 1:1. Пересаженные растения обильно поливали и, первое время, прикрывали агрилом. Приживаемость регенерантов составляла около 80% (рис. 3).

Через год растения, достигшие виргинильного состояния, высаживали в открытый грунт. По внешнему виду растения-регенеранты, полученные *in vitro*, ничем не отличались от исходных.

Таким образом, клетки специализированных тканей фрагментов цветоноса хост в условиях *in vitro* обладают тотипотентностью, то есть способностью к образованию нормальных растений с корнями при подобранных условиях культивирования.

Для микроклонального размножения побегов хост необходимо присутствие в питательной среде цитокининов и ауксинов. Показано, что способность к индуцированному морфогенезу тканей фрагментов цветоноса существенно зависит от видовых особенностей хост, а также от состава питательной среды. Для испытанных видов хост выявлены оптимальные питательные среды, позволяющие получать максимальное побегообразование на эксплантах и ризогенез. Наличие в питательной среде регуляторов роста угнетает ризогенез и способствует пролиферации побегов.

Показано, что способность к индуцированному морфогенезу тканей фрагментов цветоноса существенно зависит видовых особенностей хост, а также от состава питательной среды.

Разработанные нами методики позволяют достигать высокой стерильности эксплантов и в короткие сроки получать большое количество посадочного материала.

Список литературы

1. Ахметова А. Ш., Миронова Л. Н., Зарипова А. А. Микроразмножение хосты изолированными зародышами. // *Агро XXI*, 2015, № 4–6. С. 37–39.
2. Байбурина Р. К., Мухаметвафина А. А., Миронова Л. Н. Особенности регенерации гибридов азиатских лилий из фрагментов соцветий в культуре *in vitro* // *Сельскохозяйственная биология*, 2006, № 1. С. 80–85.
3. Вечернина Н. А. Методы биотехнологии в селекции, размножении и сохранении генофонда растений / Барнаул: изд-во Алт. Ун-та, 2004. 205 с.
4. Жолобова О. О. Сохранение редких и исчезающих видов растений в культуре *in vitro* и оценка уровня их внутривидового полиморфизма: автореф. дис. ... канд. биол. Наук. Белгород, 2012. 23 с.
5. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. // *Physiol. Plant.* 1962. V. 15, № 13. P. 473–497.

Особенности выращивания горечавки лёгочной (*Gentiana pneumonanthe*) в культуре *in vitro*

Никонович Т. В.¹, Французенок В. В.¹, Кильчевский А. В.²

¹ Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь, tvnikonovich@gmail.com

² Национальная академия наук Беларуси, г. Минск, Беларусь

Резюме. Установлена возможность применения методов *in vitro* для сохранения и размножения растений горечавки лёгочной. Выявлены условия, при которых исходные экспланты формировали растения-регенеранты, с высоким коэффициентом размножения и хорошо развитой корневой системой. Определены составы искусственных питательных сред для получения каллусной ткани.

Features of cultivation of gentian pulmonary (*Gentiana pneumonanthe*) in culture *in vitro*. Nikonovich T. V., Frantsuzionok V. V., Kilchevsky A. V. **Summary.** The possibility of applying *in vitro* methods for the conservation and reproduction of gentian pulmonary plants has been established. The conditions under which the initial explants formed regenerating plants with a high multiplication factor and a well developed root system were identified. Formulations of artificial nutrient media for the production of callus tissue have been determined.

Горечавковые (*Gentianaceae*) — крупное, особенно по числу родов, и исключительно широко распространенное семейство, хотя во многих районах оно представлено лишь немногими и в основном довольно редкими видами. Горечавка лёгочная (*Gentiana pneumonanthe* L.) — уязвимый европейско-южносибирский вид, внесенный в список видов, требующих профилактической охраны и рационального использования. В Беларуси произрастает по всей территории. Во всех известных популяциях численность вида невелика и обычно насчитывает несколько десятков генеративных особей. Площадь популяций чаще составляет несколько квадратных метров, реже несколько десятков квадратных метров. Растения встречаются, рассеяно, одиночно или небольшими группами. Вид резко сокращает численность вплоть до полного исчезновения, при высокой сомкнутости крон древесно-кустарникового яруса, а также при сукцессионных сменах растительности вследствие своей слабой конкурентной способности. В ряде мест повторно не обнаруживается, где, возможно, исчез.

Полезные свойства горечавки лёгочной многообразны, так как растения содержат иридоиды, алкалоиды, флавоноиды. Для питания применяются листья и корневища. Настои и отвары используются для возбуждения аппетита и улучшения пищеварения, при гастралгии, нервных заболеваниях, подагре, как общеукрепляющее, противохолерическое, антигельминтное средство. Горечавка лёгочная используется в декоративном садоводстве. Синие цветки ее содержат устойчивый краситель, годный для окрашивания шерсти в голубой цвет.

В настоящее время перспективным направлением в решении проблемы сохранения потенциально уязвимых видов является применение биотехнологических методов, в частности, микрклонального размножения растений в культуре *in vitro*.

Целью данной работы было выявление особенностей выращивания горечавки лёгочной в культуре *in vitro* для разработки методики микроклонального размножения и получения каллусной ткани.

В качестве исходного материала использовались молодые побеги и корневища с замещающими почками, которые в ограниченных количествах брались из естественной популяции горечавки лёгочной, найденной в окрестностях г. Горки Могилёвской области.

На этапе введения в культуру *in vitro*, использовались молодые побеги и части корневища, которые тщательно промывались водой и обрабатывались в 0,1%-ном растворе KMnO_4 в течение 30 минут. Основная стерилизация проводилась следующими методами: 1) в 5%-ном растворе гипохлорита кальция (20 минут); 2) в 0,1%-ном растворе сулемы (20 минут); 3) в 0,1%-ном растворе сулемы (5 минут), затем в 5%-ном растворе гипохлорита кальция (15 минут). Экспланты высаживались в пробирки с питательной средой Мурасиге-Скуга (МС), дополненной ауксинами и цитокининами.

Культивирование проводилось при температуре 22–24°C, длине дня — 16 часов, освещенности — 4000 люкс. Через две недели анализировалось количество стерильных эксплантов. Инфицированные экспланты подвергались повторной стерилизации, что позволяло сохранять все введенные в культуру *in vitro* части побегов и корневищ.

Через шесть недель с момента введения в культуру *in vitro* проводилось черенкование образовавшихся побегов на питательные среды разного гормонального состава для выявления оптимального сочетания регуляторов роста. Оценивались следующие признаки: процент регенерировавших эксплантов; наличие корней (+;–), высота побегов (см); количество образовавшихся побегов на эксплант (шт.) (табл. 1).

Для оптимизации условий корнеобразования *in vitro* побеги, которые неоднократно подвергались черенкованию, высаживались на питательные среды МС с активированным углем или $\frac{1}{2}$ МС, содержащие различные виды и концентрации регуляторов роста. В качестве контроля применялась питательная среда МС без регуляторов роста.

Кроме того, важным является изучение возможности использования культуры *in vitro* для получения каллусной ткани. Для этого листья растений-регенерантов высаживались на питательные среды, содержащие различные сочетания и концентрации регуляторов роста ауксиновой и цитокининовой природы.

Оценивая влияние различных методов стерилизации на количество инфицированных и стерильных эксплантов, следует отметить, что применение сулемы в концентрации 0,1% в качестве основного стерилизующего агента позволило получить наибольшее количество стерильных эксплантов.

Изучение влияния вида, концентрации и сочетания регуляторов роста на формирование растений-регенерантов показало, что при добавлении в состав питательной среды ИМК в различных концентрациях процент регенерировавших эксплантов составил 42,3–90,2%. Образовывались слабые растения с тонкими побегами, однако высота их достигала 6,5 см и отмечено полное отсутствие корнеобразования. При использовании НУК в концентрации 0,1 мг/л регенерация составила 70,1%, наблюдалось развитие побегов высотой 4,9 см и корнеобразование. При увеличении концентрации ауксина снижалась высота образовавшихся растений-регенерантов.

При добавлении в состав питательной среды БАП и ИМК в различных концентрациях (0,1 мг/л; 0,5 мг/л; 1 мг/л) побеги формировались мелкими, стебли тонкими, однако высота их достигала 5,3–6,5 см. При этом процент регенерировавших эксплантов составил 70,2–80,4%, корнеобразование отсутствовало.

При наличии в составе питательной среды БАП и НУК в низких концентрациях (0,1:0,1) выявлено, что растения образовывались с мелкими листьями без корневой системы. При повышении концентрации БАП и НУК до 1,0 мг/л у растений развивалось по 2–3 побега с мелкими листьями и наблюдалось корнеобразование. При использовании 1,0 мг/л БАП и 0,1 мг/л НУК выявлена 100%-ая регенерационная способность, растения формировались с 3-мя побегами,

крупными листьями и хорошо развитой корневой системой. На питательной среде, не содержащей регуляторов роста, которая в данном эксперименте являлась контролем, растения образовывались слабыми с мелкими листьями, без корневой системы.

Установлено, что оптимальной питательной средой, стимулирующей растения — регенеранты к образованию корневой системы, являлась питательная среда $\frac{1}{2}$ МС, содержащая ИУК в концентрации 0,1 мг/л.

Таблица 1

Влияние гормонального состава питательной среды на развитие растений-регенерантов *in vitro*

№ п/п	Регулятор роста, концентрация, мг/л	Количество эксплантов, шт.	% регенерировавших эксплантов	Высота растения, см	Наличие корней, +, -	Количество побегов, шт.
1	ИМК — 0,1	10	40	3,7	-	2
2	ИМК — 0,5	10	70	6,5	-	2
3	ИМК — 1,0	10	90	3,7	-	3
4	НУК — 0,1	10	70	4,9	+	3
5	НУК — 0,5	10	50	1,7	+	2
6	НУК — 1,0	10	30	1,3	-	2
7	БАП — 0,1 ИМК — 0,1	10	70	3,3	-	2
8	БАП — 0,1 ИМК — 0,5	10	80	5,3	-	2
9	БАП — 0,1 ИМК — 1,0	10	70	6,5	-	3
10	БАП — 0,1 НУК — 0,1	10	80	4,3	-	3
11	БАП — 0,1 НУК — 0,5	10	90	2,0	-	3
12	БАП — 0,1 НУК — 1,0	10	70	2,8	+	2
13	БАП — 1,0 НУК — 0,1	10	100	3,7	+	3
14	БАП — 1,0 НУК — 0,5	10	50	3,3	+	4
15	БАП — 1,0 НУК — 1,0	10	60	2,3	+	3
16	БАП — 0,5 НУК — 1,0	10	70	3,0	+	2
17	БАП — 0,5 НУК — 0,5	10	44	2,2	+	2
18	БАП — 0,5 НУК — 0,1	10	70	6,2	-	1
19	Без регуляторов роста	10	90	2,4	-	2

Для получения биологически ценных веществ из лекарственных растений в настоящее время появилась возможность использования популяций клеток, культивируемых в условиях *in vitro*. Особенно важно научиться для этих целей, получать каллус. Культура каллуса представляет собой неорганизованную массу тканей, состоящую из дедифференцированных клеток, и применяется для промышленного получения синтезируемых клетками соединений.

Нами изучалась возможность получения каллусной ткани в культуре *in vitro* из отдельных частей растения горечавки легочной. В качестве эксплантов использовались листья рас-

тений-регенерантов, культивируемых *in vitro*. Важным являлось определение оптимального гормонального состава питательной среды для успешного каллусогенеза. Применялись следующие сочетания и концентрации регуляторов роста: 2 мг/л НУК; 2 мг/л эпибрассинолид; 2 мг/л ИМК; 1 мг/л 6-БАП+ 2 мг/л НУК; 1 мг/л 6-БАП + 1 мг/л НУК; 2 мг/л 6-БАП + 1 мг/л НУК; 1 мг/л 6-БАП+ 1 мг/л 2,4Д; 1 мг/л 6-БАП+ 2 мг/л 2,4Д, 2 мг/л 6-БАП+ 1 мг/л 2,4Д. Листочки помещались на питательные среды в чашки Петри и культивировались в условиях полной темноты при температуре 24°C. Через 25 дней оценивалось наличие каллусной ткани и степень ее развития.

Выявлено, что использование эпибрассинолида и сочетаний 6-БАП и 2,4Д в различных концентрациях ингибирует процессы дедифференциации и образование каллусной ткани не происходит. Однако указанные концентрации способствовали развитию растений-регенерантов прямо из клеток исходного экспланта. Причем формировались растения нормальной морфологии в количестве 3–5 растений на эксплант. На питательной среде, содержащей ИМК в концентрации 2 мг/л, образование каллуса происходило очень медленно, каллус сформировался рыхлый, небольшого размера, быстро темнел. Тот же результат отмечен и при культивировании эксплантов на питательной среде, дополненной 2 мг/л 6-БАП + 1 мг/л НУК. Лучшими регуляторами роста, способствующими каллусогенезу из листьев горечавки лёгочной в условиях *in vitro*, являлись 6-БАП и НУК. При использовании 1 мг/л 6-БАП+ 2 мг/л НУК интенсивное развитие каллусной ткани наблюдалось в первые недели после высадки эксплантов на питательную среду. Применяя 6-БАП и НУК в концентрации 1 мг/л, образование каллуса происходило медленно, но на момент учета результатов эксперимента (25 день) зафиксирована хорошо сформированная каллусная ткань.

Таким образом, нами выявлены концентрации и сочетания регуляторов роста, присутствие которых в составе питательной среды способствовало получению каллусной ткани из листьев растений-регенерантов горечавки лёгочной.

Проведенные исследования показали возможность успешного сохранения и размножения горечавки лёгочной методами изолированных тканей и органов, что объясняет высокий процент регенерировавших эксплантов. Выявлены условия *in vitro*, при которых исходные экспланты формировали растения-регенеранты нормальной морфологии. Отработаны составы питательных сред, на которых из листьев растений-регенерантов горечавки лёгочной возможно получать каллусную ткань.

Список литературы

1. Журба, О. В. Лекарственные, ядовитые и вредные растения / О. В. Журба, М. Я. Дмитриев. — М.: Колос, 2008. — 255 с.
2. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. — Л.: Наука, 1990. — 325 с.
3. Страшнюк, М. Н. Физиолого-биохимические исследования культуры тканей горечавки желтой *Gentiana Lutea* L / М. Н. Страшнюк, Е. Н. Лескова, В. Н. Мельник, М. О. Твардовская, И. И. Конвалюк, В. А. Кунах // Биология клеток растений *in vitro* и биотехнология: материалы 9-ой Международ. науч. конф., 8–12 сентября 2008 г., г. Звенигород. — 215 с.
4. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // *Physiol. Plant.* — № 13.—1962. — 473–497.
5. Горечавка лёгочная [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http:// www.buketik.by/docs/57.html](http://www.buketik.by/docs/57.html). — Дата доступа: 05.01.17.

Биотехнологические коллекции растений и криобанки — важная часть Национального банка-депозитария живых систем

**Носов А. М.¹, Юрин В. М.², Спиридович Е. В.³,
Высоцкая О. Н.⁴, Решетников В. Н.³**

¹ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация, a_nosov@mail.ru

² Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь, Yurin@bsu.by

³ Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь, a.spiridovich@cbg.org.by

⁴ Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, Москва, Российская федерация cryo@ippras.ru

Резюме. В последние десятилетия во многих странах возрос интерес к биотехнологическим коллекциям растительных объектов. Основная цель создания подобных коллекций — надежное сохранение растительного генофонда, прежде всего редких и исчезающих видов растений, а также видов, для которых традиционные методы хранения неэффективны. В практике создания, поддержания и использования биотехнологических коллекций существуют следующие основные направления: сохранение генетических ресурсов в пересадочных коллекциях (растения *in vitro*, культуры органов и клеток); депонирование растительных объектов при пониженных температурах и хранение растительных объектов в криобанках. В статье рассматриваются особенности и преимущества различных вариантов биотехнологических коллекций в рамках создания прототипа международного биотехнологического банка-депозитария живых систем.

Plant Biotechnological collections and cryobanks are an important part of the National Bank — Depository of Living Systems. Nosov A. M., Yurin V. M., Spiridovich E. V., Vysotskaya O. N., Reshetnikov V. N. **Summary.** In many countries the importance of plant biotechnological collections during recent decades have increased. The main goal of creating of such collections is the reliable preservation of the plant gene pool, especially rare and endangered plant species, as well as species for which traditional storage methods are ineffective. In the practice of creation, maintenance and use of biotechnological collections, the following main directions are existed: preservation of genetic resources in transplant collections (plants *in vitro*, organ and cell cultures); deposition of plant objects at low temperatures and storage of plant objects in cryobanks. The article examines the features and advantages of various variants of biotechnological collections within the framework of creating a prototype of an international biotech bank-depository of living systems.

Растения — необходимая часть жизни человека. Растения являются источниками ценных вторичных метаболитов, обладающих широким спектром биологического действия. Они применяются как в медицине, так и во многих отраслях пищевой и парфюмерно-косметической

промышленности. В настоящее время в мире используется несколько тысяч (в Китае — до 10 000) лекарственных и ароматических растений. Из них наиболее активно используется более 300 видов, из которых около 60 — специально выращивают на плантациях, а остальные — дикорастущие. В Беларуси сбор дикорастущего сырья ограничен, плантационно выращивается около 50 видов лекарственных растений, около 100 сортов культурной флоры (лекарственных, масличных, овощных, орехоплодных, ягодных и др.) зарегистрировано в Государственном реестре. Важно отметить, что запасы большинства лекарственных растений в природе ограничены, многие из них являются редкими или эндемичными. Следует сказать, что любое растение, используемое в коммерческих целях, становится потенциальным кандидатом на включение в группу видов, находящихся под угрозой исчезновения. Решить проблему дефицита сырья и сохранить в природе лекарственные растения могут разработки технологий плантационного возделывания или тепличное выращивание, а также новое, относительно недавно возникшее направление — клеточные биотехнологии. Таким образом, многие лекарственные растения относятся к редким или исчезающим видам, поэтому биотехнологические коллекции представляют большую ценность не только для экологических целей (сохранения видов), но и имеют большое экономическое значение [1,2].

Клетки и ткани «вне организма» можно сохранять как в живой пересадочной коллекции, так и депонировать (хранить) их при низких и сверхнизких температурах (в жидком азоте).

Существуют два принципиально различных подхода к коллекциям растительных объектов. Если важно сохранить уникальные генотипы (ценные сорта или разновидности растений), то нельзя допускать образования дедифференцированных клеток, т. е. возникновения каллусных клеток как *in vivo* (например, в процессе микроклонального размножения), так и *in vitro* (размножение через морфогенные каллусные культуры клеток). В противном случае, за счет соматической вариабельности могут потеряться ценные свойства сорта. Для сохранения уникальных генотипов в качестве объектов хранения можно использовать пробирочные растения, органы или ткани растений.

При необходимости сохранения не конкретного генотипа, а генофонда вида возможно в качестве объектов хранения использовать морфогенные или эмбриогенные культур клеток. В качестве примера можно привести криосохранение в коллекции Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева Российской академии наук (ИФР РАН) эмбриогенных культур клеток эндемичных видов *Dioscorea caucasica* Lipsky и *D. balcanica* Kosanin (исчезающие виды диоскорея кавказская и диоскорея балканская). После криоконсервации культуры полностью сохранили способность к соматическому эмбриогенезу и из них были получены растения-регенеранты.

В ряде зарубежных стран сформированы и эффективно функционируют коллекции клеток, органов и растений, культивируемых *in vitro*. Кроме того, организованы криобанки, где в жидком азоте сохраняют образцы растительного материала, принадлежащего к разным систематическим группам. Многие коллекционные образцы, сохраняемые как национальное достояние, относятся к разряду редких и исчезающих растений, охраняемых законом.

В США (штат Орегон, Корваллис) функционирует National Clonal Germplasm Repository USDA, где сохраняют 500 000 образцов хозяйственно ценных, а также редких и исчезающих растений, принадлежащих к 10 000 видам. В основную коллекцию входят: актинидия (*Actinidia*), фундук (*Corylus*), цидония (*Cydonia*), земляника (*Fragaria*), хмель (*Humulus*), орех серый (*Juglans*), груша (*Pyrus*), смородина и крыжовник (*Ribes*), малина и ежевика (*Rubus*), голубика, черника, клюква (*Vaccinium*), а в малую коллекцию: клоны и семена ирги (*Amelanchier*), земляничного дерева (*Arbutus*), жимолость (*Lonicera*), клоны и семена бузины (*Sambucus*) и рябины (*Sorbus*), а также ещё ряда ценных пищевых и декоративных растений. В коллекции Корваллиса хранятся *in vitro* ряд лекарственных растений, например, шлемника трёх видов: *Scutellaria baicalensis* Georgi, *Scutellaria lateriflora* L., *Scutellaria racemosa* Pers. [3].

Из Европейских коллекций можно отметить коллекцию в Германии, в которой поддерживают более 700 образцов различных линий клеточных культур, которые принадлежат к 80 раз-

личным семействам растений, причём большинство этих культур синтезируют фармакологически важные вторичные метаболиты [4].

Подобные коллекции существуют во Франции, Италии, Испании, Бельгии, Польше, Румынии, Японии, Индии, и в ряде других стран. Число биотехнологических коллекций постоянно увеличивается. Например, в 2008 году ФАО сообщило о существовании коллекции растительного материала в республике Палау (Каролинские острова), которая насчитывает ряд сортов таро (*Colocasia esculenta* L.) — 78 образцов; кассавы (*Manihot esculenta*) — 30 образцов; батата (*Ipomea batatas*) — 17 образцов; банана (*Musa*) — 12 образцов [5].

Российская коллекция клеточных культур, учреждённая в 1978 году, в настоящее время включает 9 коллекций, в том числе, две специализированные коллекции клеток высших растений и генетически трансформированных корней растений Института физиологии растений имени К. А. Тимирязева РАН [6]. Сейчас она насчитывает около 100 различных штаммов и линий культур клеток [7].

В 2005 г. Центральный ботанический сад НАН Беларуси получил Свидетельство на коллекцию асептических культур хозяйственно-полезных растений. Постоянно пополняясь, эта коллекция сегодня содержит 244 наименований растений: 75 видов и более 160 культиваров из 24 семейств. При этом более 65% таксонов в его составе относится к фиторесурсным видам. Наиболее полно представлены семейства *Ericaceae* Juss. и *Orchidaceae* Juss. (Вересковые и Орхидные), некоторые представители которых внесены в списки CITES и Красную Книгу Республики Беларусь [8].

Как было сказано выше, часто депонирование образцов в коллекциях осуществляется помещением растительного материала в условия, тормозящие рост, деление и метаболизм его клеток, что позволяет реже менять питательные среды и потому существенно сокращать затраты на содержание коллекций вегетативно размножаемых растений [10, 11]. Этот приём, широко используется во всём мире, поскольку позволяет эффективно сохранять практически все клоны и сорта ценных плодовых, ягодных, декоративных и лекарственных культур [12, 13]. Однако, культивирование *in vitro* клеток, тканей и органов растений, с помощью периодических пересадок на свежие питательные среды, даже в режиме депонирования, имеет свои проблемы и недостатки, связанные, прежде всего с существованием некоторой вероятности потери образцов из-за реинфицирования, генетических изменений и даже потери морфогенного потенциала и жизнеспособности [14]. Затраты на содержание растущих коллекций растений *in vitro* многократно возрастают с увеличением продолжительности хранения образцов [15].

Поэтому, для снижения затрат на долговременное содержание коллекций ценного растительного материала, в том числе и культивируемого *in vitro*, и для уменьшения вероятности потерь ценных образцов в настоящее время в странах, членах ФАО, в том числе и в Российской Федерации, широко используют криосохранение [16, 17]. Криобанки, в которых растительный материал хранится в жидком азоте, или его парах при температурах ниже 170°C, являются наиболее надёжным способом сохранения растительных объектов. В настоящее время разработаны методы криосохранения для более 200 видов растений: неортодоксальных семян и тканей, культивируемых *in vitro* [9]. Криогенное хранение решает многие проблемы, возникающие при содержании коллекций растительного материала, однако применение этой технологии связано с необходимостью решения ряда новых проблем. В первую очередь это связано с необходимостью использования специального, сложного оборудования и технологий с помощью высококвалифицированного персонала [18,19].

Криобанк Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН был организован более 30 лет назад и был одним из первых в мире. Первым был разработан метод криосохранения меристем картофеля. К настоящему времени помимо меристем картофеля в этом криобанке хранятся меристемы около 30 сортов земляники нескольких сортов малины и черной смородины. Кроме того, в криобанке хранятся штаммы-продуценты вторичных метаболитов — культуры клеток различных видов женьшеня, полисциаса, люцерны, диоскореи..

Имеется ряд проблем долговременного культивирования и сохранения растительных объектов, в числе которых:

1. наличие в некоторых образцах сохраняемого материала, после его введения в культуру *in vitro*, условно патогенной (сопутствующей) микрофлоры, в том числе и латентных микроорганизмов [20, 21, 22];
2. вероятность возникновения изменений свойств сохраняемого растительного материала в процессе его длительного культивирования *in vitro* или хранения в жидком азоте:
 - снижение жизнеспособности из-за циклических изменений температуры от -96°C до -130°C при передвижении или переноске криосохраняемых образцов [23];
 - генетические изменения [24, 25, 26];
 - реинфицирование [20, 27, 28, 29];
 - биохимические изменения [30].

В 2016 г. стартовал проект Московского государственного университета «Научные основы создания Национального банка-депозитария живых систем» — «Ноев ковчег», который посвящен созданию многофункционального сетевого хранилища биологического материала. В рамках Национального банка-депозитария живых систем планируется работа с материалом всех возможных типов — от биологических молекул до целых живых организмов. Создание депозитария позволит сохранить биоразнообразие нашей планеты и создать новые способы его использования. Одной из задач является создание временного прототипа банка-депозитария живых систем для хранения и исследования собранного материала, в том числе биотехнологических коллекций и криобанков растений

Генофонд живых организмов представляет собой достояние планетарного уровня и его сохранение является приоритетной задачей государств и важнейшим направлением современной науки. Для выполнения этих задач необходимы межгосударственные усилия ученых и политиков. Представляется целесообразным распространение проекта «Ноев ковчег» на межгосударственный уровень, первой ступенью которого может быть сотрудничество в этом направлении России и Беларуси.

Этому будет способствовать то, что Россия и Беларусь уже имеют значительный опыт сотрудничества в рамках Межгосударственной целевой программы ЕврАзЭС — в рамках проекта «Инновационные биотехнологии» на 2011–2015 гг. совместными усилиями выполнено 4 задания (РФ: ГК № 16.М04.12.0003 и № 14.М04.12.0002; РБ: задание 1.3., 1.8).

Рассмотрение экономических аспектов, связанных не только с созданием коллекций растений *in vitro* для оперативного использования и сохранения их генофонда, но также и с формированием криобанков растений, предназначенных для долговременного сохранения генетического разнообразия культивируемых и дикорастущих растений, показывает безусловные перспективы этих направлений. При этом важно не только сохранять объекты, но и разрабатывать нормативную документацию по системам хранения, паспортизации и обмена/выдачи хранящихся объектов.

Особый интерес для работ в рамкой Международной кооперации представляет созданная коллекции асептических культур редких и эндемичных видов растений дикорастущей флоры стран СНГ (Беларуси, России, Кыргызстана) на основе природных источников и существующих коллекций *in vitro* стран ЕврАзЭС. Разработана общая методология комплексного изучения вопросов сохранения *in vitro* и практического использования эндемиков и редких видов растений, как компонента Национальной стратегии сохранения биоразнообразия растений в Беларуси, России, Казахстане и др. странах, актуальная для всех. Разработаны методы оценки параметров генетического разнообразия природных популяций для включения в коллекцию *in vitro*. Проведена работа по подбору сред для культивирования и депонирования редких и эндемичных видов растений, в том числе лекарственных. Разработаны и стандартизированы методы получения и анализа свойств (молекулярно-генетических, физиологических, цитогенетических, биохимических) культур *in vitro* высших растений для создания единой систе-

мы паспортизации. Данные о растениях вносятся в информационно-поисковую систему Hortus Botanicus Centralis — Info. (задание 1.8).

Совместно разработаны и созданы: национальные Коллекции культур *in vitro* высших растений биотехнологического назначения в РФ и РБ. По своему объему, представленному видовому разнообразию, спектру научного и прикладного применения коллекционных образцов они сравнимы с аналогичными коллекционными фондами ведущих российских и европейских центров растительных ресурсов и ориентированы на обеспечение исследований по приоритетным направлениям развития биотехнологии стран ЕврАзЭС. Оценивая значимость этого направления, можно сформулировать следующие перспективные направления дальнейших исследований:

- на региональном и национальном уровнях провести оценку состояния сохранения генофонда растительных объектов, в том числе редких и эндемичных видов растений, органов растений и культур клеток. Оценить наличие, необходимость и возможность создания и развития Национальных и Международных депозитариев для сохранения растительного генофонда;
- провести оценку методов и способов хранения генофонда растительных объектов дикорастущих видов (полевые коллекции, семенные банки, биотехнологические коллекции, криобанки и др) и разработать стратегию выбора оптимального метода (методов) хранения отбираемого для депонирования объекта в зависимости от его ботанико-физиологических характеристик;
- выявить редкие и эндемичные виды растений, в том числе продуценты промышленно-ценных БАВ, для приоритетного размещения в Депозитариях;
- в соответствии с разработанными алгоритмами и с учетом международных стандартов создать и/или расширить Национальные Депозитарии, включая биотехнологические коллекции и Криобанки;
- создать общие базы данных по Национальным Депозитариям России и Белоруссии с перспективой расширения и привлечения других стран-участников. Создать объединенный электронный каталог Депозитариев России и Беларуси (например документированный в системе EURISCO);
- оптимизировать и унифицировать с учетом Международных соглашений и стандартов правила депонирования, доступа и выдачи/обмена растительных объектов, сохраняемых в депозитариях, в том числе в биотехнологических коллекциях и Криобанках;
- в соответствии с унифицированными правилами депонирования, доступа и выдачи/обмена растительных объектов, создать Международный Депозитарий России и Белоруссии для сохранения генофонда растительных объектов дикорастущих видов, с перспективой расширения и привлечения других стран-участников.

Работы по созданию и оптимизации работ Международных депозитариев будут использовать опыт, полученный при выполнении четырех проектов Межгосударственной целевой программы ЕврАзЭС «Инновационные биотехнологии».

Полученные результаты могут быть использованы для проведения широкого спектра исследований в области биотехнологии: сохранение и изучение биоразнообразия, реинтродукция, получение возобновляемого растительного сырья. Кроме того, научные результаты могут быть востребованы различными исследовательскими, промышленными и учебными организациями. Создаваемые технологии призваны обеспечить объектами и сырьем реальные сектора экономики — производство фармацевтических препаратов, функциональных продуктов питания и нутрицевтиков, а также косметических и парфюмерных продуктов.

Список литературы

1. Решетников, В. Н. Биотехнология растений и перспективы ее развития/ В. Н. Решетников, Е. В. Спиридович, А. М. Носов// Физиология растений и генетика. — 2014. — Т. 46, № 1. — С. 3–18.
2. Решетников, В. Н. Научные и практические аспекты развития биотехнологии растений в Республике Беларусь/ В. Н. Решетников, Е. В. Спиридович// Тр. Белорус. гос. ун-та. Сер. Физиол., биохим. и молекуляр. основы функционирования биосистем. — 2012. — Т. 7, ч. 1. — С. 69–83.
3. NCGR-Corvallis — *Fragaria Germplasm* [Электронный ресурс]// United States Department of Agriculture. — Режим доступа: <http://www.ars.usda.gov/Main/docs.htm?docid=11324>. — Дата доступа: 12.11.2014.
4. Cole, I. B. Protocols for establishment of an in vitro collection of medicinal plants in the genus *Scutellaria*/ I. B. Cole, F. T. Farooq, S. J. Murch// *Methods in Molecular Biology*. — 2009. — Vol. 547. — P. 155–165.
5. Catalogue of plant cell lines [Электронный ресурс]// Leibniz-Institut DSMZ. — Режим доступа: <http://www.dsmz.de/catalogues/catalogue-plant-cell-lines.html>. — Дата доступа: 12.11.2014.
6. Micropropagation and in vitro conservation of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) in the Republic of Palau [Электронный ресурс]// United States Department of Agriculture. — Режим доступа: <http://www.reeis.usda.gov/web/crisprojectpages/193443.html>. — Дата доступа: 12.11.2014.
7. Клеточная биотехнология: учеб. пособие/ Г. П. Пинаев [и др.]. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. — 214 с.
8. Генетические и биологические (зоологические и ботанические) коллекции Российской Федерации [Электронный ресурс]// Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук (ИПЭЭ РАН). — Режим доступа: <http://www.sevin.ru/collections>. — Дата доступа: 12.11.2014.
9. Создание коллекции асептических культур хозяйственноценных растений с молекулярно-генетическим типированием образцов/ Е. В. Спиридович [и др.]// Биотехнологические приемы в сохранении биоразнообразия и селекции растений: сб. ст. Междунар. науч. конф., Минск, 18–20 авг. 2014 г./ Нац. акад. наук Беларуси, Центр. ботан. сад; ред. В. Н. Решетников [и др.]. — Минск, 2014. — С. 228–230.
10. Cost action 871: cryopreservation of crop species in Europe [Электронный ресурс]// Ku Leuven. — Режим доступа: <http://www.agr.kuleuven.ac.be/dtp/tro/cost871/Home.htm>. — Дата доступа: 12.11.2014.
11. Aynalem, H. A. Non-destructive evaluation of in vitro-stored plants: a comparison of visual and image analysis/ H. A. Aynalem, T. L. Righetti, B. M. Reed// *In Vitro Cellular a. Developmental Biology-Plant*. — 2006. — Vol. 42, № 6. — P. 562–567.
12. Hussain, Z. In vitro corm induction and genetic stability of regenerated plants in taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)/ Z. Hussain, R. K. Tyagi// *Ind. J. of Biotechnology*. — 2006. — Vol. 5, № 4. — P. 535–542.
13. Reed, B. M. Cold storage of strawberries in vitro: a comparison of three storage systems/ B. M. Reed// *Fruit Varieties J.* — 1992. — Vol. 46, № 2. — P. 98–102.
14. Алексеенко, Л. В. Влияние условий культивирования in vitro на дальнейшее поведение ex vitro растений земляники садовой (*Fragaria × ananassa* Duch.)/ Л. В. Алексеенко, О. Н. Высоцкая, В. А. Высоцкий// Плодоводство и ягодоводство России: [сб. науч. работ]/ Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства. — М., 2005. — Т. 12. — С. 337–342.
15. Reed, B. M. Genetic stability of strawberries in culture/ B. M. Reed, K. E. Hummer// *Strawberry research to 2001: proc. of the 5 th North American strawberry conf.*/ ed.: S. C. Hokanson, A. R. Jamieson. — Alexandria, 2002. — P. 98–101.
16. Panis, B. Status of cryopreservation technologies in plants (crops and forest trees)/ B. Panis, M. Lambardi// *The role of biotechnology for the characterization and conservation of crop, forestry, animal and fishery genetic resources: intern. workshop, Turin, Italy, 5–7 March 2005/ Food a. Agriculture Org. of the United Nations*. — Rome, 2005. — P. 1–12.
17. Reed, B. M. Implementing cryogenic storage of clonally propagated plants/ B. M. Reed// *CryoLetters*. — 2001. — Vol. 22, № 2. — P. 97–104.
18. Cryobank of plant genetic resources in Russian Academy of Sciences/ A. S. Popov [et al.]// *Intern. J. of Refrigeration*. — 2006. — Vol. 29, № 3. — P. 403–410.
19. Dussert, S. Development of probabilistic tools to assist in the establishment and management of cryopreserved plant germplasm collections/ S. Dussert, F. Engelmann, M. Noirot// *CryoLetters*. — 2003. — Vol. 24, № 3. — P. 149–160.

20. Complementary conservation strategy for coconuts/ M. E. Dulloo [et al.]// *Coconuts genetic resources*/ ed.: P. Batugal, R. Rao, J. Oliver. — Malaysia, 2005. — P. 75–90.
21. Postman, J. Detection and elimination of viruses in USDA Hop (*Humulus lupulus*) germplasm collection/ J. Postman, J. DeNoma, B. M. Reed// *Acta Horticulturae*. — 2005. — Vol. 668. — P. 143–147.
22. Tanprasert, P. Detection and identification of bacterial contaminants from strawberry runner explants/ P. Tanprasert, B. M. Reed// *Plant Cell, Tissue a. Organ Culture*. — 1998. — Vol. 52, № 1/2. — P. 53–55.
23. Wongkaew, P. Sugarcane white leaf phytoplasma in tissue culture: long-term maintenance, transmission and oxytetracycline remission/ P. Wongkaew, J. Fletcher// *Plant Cell Rep.* — 2004. — Vol. 23, № 6. — P. 426–434.
24. Probability of lethal damages of cryopreserved biological objects during storage/ I. P. Vysekantsev [et al.]// *CryoLetters*. — 2005. — Vol. 26, № 6. — P. 401–408.
25. Genetic and epigenetic stability of cryopreserved and cold-stored hops (*Humulus lupulus* L.)/ E. L. Peredo [et al.]// *Cryobiology*. — 2008. — Vol. 57, № 3. — P. 234–241.
26. Спектры ISSR — и REMAP-маркеров ДНК каллусов яровой пшеницы после этапов криосохранения по методу дегидратации/ А. И. Соловьёва [и др.]// *Физиология растений*. — 2011. — Т. 58, № 3. — С. 359–366.
27. Biodiversity conservation and conservation biotechnology tools/ B. M. Reed [et al.]// *In Vitro Cellular a. Developmental Biology-Plant*. — 2011. — Vol. 47, № 1. — P. 1–4.
28. Bielanski, A. Experimental microbial contamination and disinfection of dry (vapour) shipper dewars designed for short-term storage and transportation of cryopreserved germplasm and other biological specimens/ A. Bielanski// *Theriogenology*. — 2005. — Vol. 63, № 7. — P. 1946–1957.
29. Wang, Q. C. Elimination of two viruses which interact synergistically from sweetpotato by shoot tip culture and cryotherapy/ Q. C. Wang, J.P. T. Valkonen// *J. of Virological Methods*. — 2008. — Vol. 154, № 1–2. — P. 135–145.
30. Morris, J. A simple assay system to monitor the potential for contamination during different stages of cryopreservation/ J. Morris// *Cryobiology*. — 2008. — Vol. 57, № 3. — P. 328.

Гибридизация сортов мягкой пшеницы с линиями *T. aestivum*, содержащими чужеродный генетический материал

Орловская О. А.¹, Вакула С. И.¹, Леонова И. Н.²

¹ Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
O. Orlovskaya@igc.by

² Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Резюме. Интенсивная селекция, проводимая на основе внутривидовой гибридизации, привела к сужению генетического разнообразия мягкой пшеницы. Расширить генетическую базу культурных видов можно за счет привлечения новых источников зародышевой плазмы из видов, произрастающих в природных условиях. С целью получения новых генотипов яровой пшеницы проведена гибридизация сортов Дарья, Тома, Ласка, Любава с 4 линиями пшеницы, несущими чужеродный генетический материал тетраплоидных видов *T. durum*, *T. dicoccum*, *T. dicoccoides*. Гибридные зерновки получены в 31 комбинации скрещивания (из них 16 — прямых, 15 — обратных), в среднем завязываемость составила 27,10%.

Hybridization of common wheat varieties with *T. aestivum* lines carrying the alien genetic material. Orlovskaya O. A., Vakula C. I., Leonova I. N. **Summary.** The intensive selection associated with intraspecific hybridization led to a narrowing of the genetic diversity of *Triticum aestivum*. To expand the genetic base of the cultural species is possible due to the attraction of new sources of germplasm from the naturally growing species. Hybridization of common wheat varieties Darya, Toma, Laska, Lubava with 4 wheat lines carrying the alien genetic material of tetraploid wheat species *T. durum*, *T. dicoccum*, *T. dicoccoides* was carried out in order to obtain new genotypes of spring wheat. Hybrid seeds were obtained in 31 crossing combinations (of them 16 - direct, 15 - back), the average seed setting was 27,10%.

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) является одной из основных продовольственных культур во всем мире и составляет основной продукт питания для трети населения земного шара. Вместе с тем, в селекции мягкой пшеницы существует ряд серьёзных проблем, связанных с необходимостью создания форм, характеризующихся устойчивостью к болезням, вредителям и неблагоприятным факторам внешней среды. Расширение генетического разнообразия по генам устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам достигается за счет использования генофонда диких и культурных сороридей мягкой пшеницы [1, 2]. При использовании генного пула диких видов рода *Triticum* с целью улучшения пшеницы и создания потенциально новой изменчивости приоритет отдается использованию чужеродных видов, которые имеют геномы близкие геномам А, В, D мягкой пшеницы. Близость геномов обеспечивает высокую долю успеха по переносу множественных генов.

Для получения новых генотипов мягкой яровой пшеницы нами проведена гибридизация элитных сортов белорусской селекции с линиями пшеницы, несущими чужеродный генетический материал тетраплоидных видов рода *Triticum*. На основании предыдущих исследований для скрещивания отобраны следующие линии: 29 комбинации Рассвет × *T. dicoccoides* κ 5199, 183/2–2 комбинации Chinese Spring × *T. durum*, 200–3 комбинации *T. durum* × Chinese Spring,

208–3 комбинации Pitic S62 × *T. dicoccum*. Для определения локализации и протяженности фрагментов генома *T. durum*, *T. dicoccum* и *T. dicoccoides* в геноме данных линий мягкой пшеницы было использовано 140 микросателлитных маркеров, картированных на генетических картах хромосом мягкой пшеницы *T. aestivum*. В геноме линий выявлено от 4 до 8 фрагментов тетраплоидных видов рода *Triticum* различной протяженности в хромосомах А и В геномов [3]. Главным фактором, ограничивающим практическое применение отдаленных гибридов, является их нестабильность, ведущая к быстрой потере чужеродного генетического материала. В основе этой нестабильности лежат нарушения мейотического цикла гибридных растений, вызывающие формирование нефункциональных гамет. В связи с этим, ранее нами проведен анализ поведения хромосом в мейозе у гибридных линий пшеницы с целью оценки их цитологической стабильности. Установлено, что количество клеток с нарушениями у данных интрогрессивных линий пшеницы было невелико не только на стадии метафазы I, но и на заключительной стадии тетрад [4]. Выявленная мейотическая стабильность обеспечивает формирование у них полноценных гамет и тем самым создает предпосылки для сохранения чужеродных интрогрессий в ряду последующих поколений.

Оценка поражения гибридных растений пшеницы природными популяциями мучнистой росы (патоген — *B. tritici*), септориоза (патогены — *S. nodorum* и *S. tritici*) и бурой ржавчины (патоген — *P. triticina*) проведена в полевых условиях Беларуси на протяжении двух лет, различающихся условиями для развития патогенов. Высокие температуры воздуха и дефицит осадков в 2015 году не способствовали развитию грибных болезней. Наоборот, в 2014 году в республике наблюдались более благоприятные погодные условия для повышения инфекционного фона патогенов, особенно мучнистой росы. Величину поражения оценивали по степени развития болезни на флаг-листе (фаза «молочно-восковая спелость») в процентах по шкале Гешеле. Полученные данные показали, что отобранные для скрещивания гибридные линии проявляли высокую устойчивость к септориозу и к бурой ржавчине, причем в 2015 году на изученном материале патоген бурой ржавчины обнаружен не был. Гибридные линии показали различный уровень устойчивости к мучнистой росе (степень поражения варьировала от 0 до 15%). Можно отметить линию 29 комбинации Рассвет × *T. dicoccoides*, которая была устойчива к *B. tritici* как при благоприятных условиях для развития патогена, так и при неблагоприятных. Результаты оценки восприимчивости линий пшеницы, содержащих интрогрессии генетического материала тетраплоидных видов рода *Triticum*, показали, что данные линии могут быть использованы для создания селекционного материала, устойчивого к грибным патогенам.

Всего в скрещивания включены 4 сорта мягкой пшеницы отечественной селекции (Дарья, Тома, Ласка, Любава) и 4 линии пшеницы, несущие чужеродный генетический материал тетраплоидных видов рода *Triticum* (линии 29 комбинации Рассвет × *T. dicoccoides* к 5199, 183/2–2 комбинации Chinese Spring × *T. durum*, 200–3 комбинации *T. durum* × Chinese Spring, 208–3 комбинации Pitic S62 × *T. dicoccum*). Проведена 31 комбинация скрещиваний (из них 16 — прямых, 15 — обратных), опылено 8629 цветков (табл. 1). Гибридные зерновки получены во всех комбинациях скрещивания и в среднем завязываемость была на уровне 27,10%. Завязываемость зерновок в прямых комбинациях скрещивания (интрогрессивные линии пшеницы выступали в роли опылителя) в среднем составила 23,52%. Можно отметить, что наиболее высокие значения по данному показателю отмечены для комбинаций, созданных с участием линии 183/2–2 Chinese Spring × *T. durum*, а наименьшие — линии 208–3 Pitic S62 × *T. dicoccum* (табл. 1). Для обратных комбинаций скрещивания, когда линии пшеницы с интрогрессией генетического материала тетраплоидных видов рода *Triticum* использовали в качестве материнского компонента, выявлена более высокая завязываемость — в среднем 30,92%. Однако диапазон изменчивости по данному признаку в обратных комбинациях был несколько ниже (17,44–47,97%), по сравнению с прямыми комбинациями скрещивания (5,37–62,76%). Необходимо отметить, что все полученные зерновки содержали эндосперм, что позволит в дальнейшем получить гибридный материал в полевых условиях без использования биотехнологических методов *in vitro*.

Таблица 1

Гибридизация сортов мягкой пшеницы с линиями *T. aestivum*,
содержащими чужеродный генетический материал

Комбинация скрещивания	Число опыленных цветков	Число завязавшихся зерен	Завязываемость, %
Дарья × 29	267	75	28,09
Дарья × 183/2-2	265	83	31,32
Дарья × 200-3	198	30	15,15
Дарья × 208-3	242	13	5,37
Тома × 29	300	114	38,0
Тома × 183/2-2	310	134	43,23
Тома × 200-3	268	38	14,18
Тома × 208-3	282	50	17,73
Ласка × 29	228	64	28,07
Ласка × 183/2-2	288	102	35,42
Ласка × 200-3	256	31	12,11
Ласка × 208-3	272	24	8,82
Любава × 29	222	31	13,94
Любава × 183/2-2	202	126	62,76
Любава × 200-3	372	62	16,67
Любава × 208-3	314	17	5,41
29 × Дарья	332	101	30,42
29 × Тома	258	45	17,44
29 × Ласка	296	142	47,97
29 × Любава	324	141	43,52
183/2-2 × Дарья	322	65	20,19
183/2-2 × Тома	308	115	37,34
183/2-2 × Ласка	302	88	29,14
183/2-2 × Любава	278	79	28,42
200-3 × Дарья	207	82	39,61
200-3 × Тома	297	137	46,13
200-3 × Ласка	406	119	29,31
200-3 × Любава	187	67	35,83
208-3 × Тома	280	76	27,14
208-3 × Ласка	384	68	17,71
208-3 × Любава	162	22	13,58

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № Б15СО-030) и проекта № 18 Совместных проектов фундаментальных исследований НАН Беларуси и СО РАН. Российского фонда фундаментальных исследований.

Список литературы

1. Xie W., Nevo E. Wild emmer: genetic resources, gene mapping and potential for wheat improvement. *Euphytica*, 2008, v. 164, p. 603–614.
2. Li N., Wen Z., Wang J. et al. Transfer and mapping of a gene conferring later-growth-stage powdery mildew resistance in a tetraploid wheat accession. *Molecular Breeding*, 2014, v. 33, № 3, p. 669–677.
3. Леонова И. Н., Салина Е. А., Орловская О. А., Хотылева Л. В., Шумный В. К. Использование SSR-маркеров для характеристики гибридных линий мягкой пшеницы с генетическим материалом *T. durum* и *T. dicoccum*. *Молекулярная и прикладная генетика*, 2014, т. 18, с. 61–69.
4. Орловская О. А., Леонова И. Н., Салина Е. А., Хотылева Л. В. Особенности поведения хромосом в мейозе у линий мягкой пшеницы с интрогрессией генетического материала тетраплоидных видов рода *Triticum*. *Экологическая генетика*, 2015, т. XIII, № 1, с. 16–25.

Оценка генетического разнообразия цитоплазм дикого аллотетраплоидного вида *Solanum stoloniferum* в связи с проблемой мужской стерильности межвидовых гибридов

Полухович Ю. В., Лукша В. И., Левый А. В., Воронкова Е. В., Гукасян О. Н., Жарич В. М., Ермишин А. П.

ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», Минск, Беларусь

Резюме Ценный для селекции дикий аллотетраплоидный вид картофеля *S. stoloniferum* Schltldl может использоваться в скрещиваниях с культурным картофелем только в качестве материнской формы. Однако с цитоплазмой W/γ дикого вида связана мужская стерильность сортов картофеля, что ограничивает их использование в селекции. Проведено изучение разнообразия генетических типов цитоплазм коллекции из 26 образцов *S. stoloniferum*. Установлено, что наряду с цитоплазмой W/γ в геном пуле этого дикого вида представлены цитоплазмы W/α, D/α, D/γ и редкий тип цитоплазмы, который не укладывается в имеющуюся классификацию. Предполагается, что обнаружение у *S. stoloniferum* образцов с отличной от W/γ цитоплазмой позволит получать межвидовые гибриды, на основе которых возможно выведение мужски фертильных сортов картофеля.

Evaluation of cytoplasmic genetic diversity of wild allotetraploid potato species *Solanum stoloniferum* in connection with the problem of male sterility of interspecific hybrids. Paliukhovich Y. V., Luksha V. I., Levy A. V., Voronkova E. V., Gukasian O. N., Zharych V. M., Yermishin A. P. **Summary.** Valuable for breeding wild allotetraploid potato species *S. stoloniferum* Schltldl can be only used as a female in crosses with cultivated potatoes. However, male sterility of potato varieties is associated with W/γ cytoplasm of the wild species that limits their use in breeding. The collection of 26 accessions of *S. stoloniferum* was studied to evaluate the cytoplasmic genetic diversity. It has been revealed that W/α, D/α, D/γ cytoplasm as well as rare type of cytoplasm that does not fit to existing nomenclature are present in genic pool of the species along with W/γ cytoplasm. It is believed that discovery of *S. stoloniferum* accessions with cytoplasm different from W/γ makes it possible to produce interspecific hybrids that can be used for breeding male fertile potato varieties.

Дикий аллотетраплоидный вид картофеля *S. stoloniferum* Schltldl (серия *Longipedicellata*) является источником ряда ценных генов, которые представляют значительный интерес для селекции на устойчивость к широкому кругу заболеваний и вредителей, а также к неблагоприятным абиотическим факторам среды. Однако он сравнительно редко используется в селекции, так как практически не скрещивается с культурным картофелем *S. tuberosum* ssp *tuberosum*. Одним из факторов, которые затрудняют гибридизацию с *S. stoloniferum*, является односторонняя несовместимость, при которой гибридные семена удается получить при использовании дикого вида в качестве материнской формы, а обратные скрещивания оказываются неудачными. В случае успешной интрогрессии ценных генов аллотетраплоидного вида в селекционный материал получают сорта картофеля, для которых характерна мужская стерильность, связанная с цитоплазмой дикого вида W/γ [1]. Это существенно ограничивает их использование в селекции.

К. Adivilaga, С. Brown (1991) [2] предложили способ получения гибридов с участием *S. stoloniferum*, имеющих цитоплазму культурного картофеля. Способ основан на использовании в качестве опылителей в скрещиваниях с сортами культурного картофеля так называемых трипландроидов — триплоидных межвидовых гибридов, образующих фертильную нередуцированную пыльцу. В результате получают пентаплоидные гибриды, которые можно беккроссировать культурным картофелем, используя в качестве материнских форм. Эффективность данного метода низкая, что связано с низкой частотой образования 2n пыльцы у аллотетраплоидных видов. Поэтому сложно ожидать появления трипландроидов в потомстве определенных образцов дикого вида, представляющих интерес для селекции.

Нами предложено решение названной проблемы, основанное на использовании в качестве материнских форм в скрещиваниях со *S. stoloniferum* диплоидных SvSv-линий. Созданные в нашей лаборатории SvSv — линии представляют собой диплоидные линии *S. tuberosum*, у которых S-ген презиготной самонесовместимости (*St*) замещен на ген Sv от самосовместимого дикого диплоидного вида картофеля *S. verrucosum*. Благодаря этому они не образуют пестичных S-РНКаз, останавливающих рост пыльцевых трубок, и имеют те же возможности для использования в качестве посредников для преодоления презиготной несовместимости, что и *S. verrucosum* [3]. SvSv-линии имеют высокую функциональную фертильность пыльцы и цитоплазму типа D/γ. С их помощью были получены триплоидные гибриды с *S. stoloniferum*. В результате митотического удвоения хромосом у этих гибридов получены гексаплоидные линии, образующие пыльцу с высокой функциональной фертильностью, которые скрещиваются с сортами культурного картофеля. К недостаткам метода следует отнести невысокий выход межвидовых гибридов из-за низкой всхожести гибридных семян (1–2%) [4].

Целью настоящего исследования было изучить разнообразие генетических типов цитоплазм коллекции образцов дикого аллотетраплоидного вида картофеля *S. stoloniferum*. Предполагалось, что обнаружение в генетическом пуле этого вида образцов с отличной от W/γ цитоплазмой позволит получать межвидовые гибриды, на основе которых возможно выведение мужски фертильных сортов картофеля.

Материал и методы

В качестве материала использовали 26 образцов дикого аллотетраплоидного вида картофеля *S. stoloniferum*, семена которых получены из United States Potato Genebank NRSP 6 (<http://www.ars-grin.gov/nr6/>). Оценку функциональной фертильности пыльцы (ФФП) определяли путем подсчета частоты прорастания пыльцевых зерен за 2 час при 25°C на искусственной питательной среде по методике [5]. ДНК выделяли из листьев с использованием наборов «DNA purification Kit» производства фирмы «Thermo Scientific» (EU) в соответствии с рекомендациями производителя и некоторыми модификациями, позволяющими увеличить выход и качество тотальной ДНК картофеля. Амплификацию ДНК осуществляли на автоматическом программируемом термоциклере фирмы «PE Applied Biosystems» (США) (GenAmp System 2700). Тип цитоплазмы у образцов *S. stoloniferum* определяли по методике [6]. Олигонуклеотидные последовательности для идентификации соответствующих маркеров хлоропластов и митохондрий синтезированы в ОДО «Праймтех» (г. Минск).

Результаты

Как видно из табл. 1, растения большинства изученных образцов *S. stoloniferum* в условиях Беларуси (растения выращивались при естественном освещении в летний период 2013 г. в теплице) были способны формировать пыльцу с высокой функциональной фертильностью. Оценка ФФП 24 образцов выявила два стерильных генотипа и три образца с пониженной ФФП (5–7%), остальные имели ФФП более 10%. Наш опыт показывает, что ФФП более 10% обеспечивает, как правило, положительные результаты при внутривидовой и межвидовой гибридизации картофеля (при отсутствии генетически детерминированных пре — и постзиготных барьеров скрещиваемости).

Таблица 1
Типы цитоплазм образцов дикого
аллотетраплоидного вида картофеля *S. stoloniferum* Schldl

Образцы <i>S. stoloniferum</i>	ФФП, %	Маркеры и их позиции					Тип цитоплазмы
		T	D	A	Sac	ALM	
PI 160224	0	1	0	2	2	α	W/α
PI 160226	10	1	0	2	2	α	W/α
PI 160372	25	1	0	2	2	α	W/α
PI 201855	—*	1	0	2	2	α	W/α
PI 205510	10	1	0	2	2	α	W/α
PI 230477	7	1	0	2	2	α	W/α
PI 230490	20	1	0	2	2	α	W/α
PI 230557	15	1	0	2	2	α	W/α
PI 239411	50	1	0	2	2	α	W/α
PI 243458	7	1	0	2	2	α	W/α
PI 275252	90	1	0	2	2	α	W/α
PI 310964	30	1	0	2	2	α	W/α
PI 186544	50	1	0	2	2	γ	W/γ
PI 205522	50	1	0	2	2	γ	W/γ
PI 310980	20	1	0	2	2	γ	W/γ
PI 653763	20	1	0	2	2	γ	W/γ
PI 201849	50	1	1	2	2	α	D/α
PI 473534	50	1	1	2	2	α	D/α
PI 498287	50	1	1	2	2	α	D/α
PI 586948	0	1	1	2	2	α	D/α
PI 595472	20	1	1	2	2	α	D/α
PI 160225	—	1	1	2	2	γ	D/γ
PI 195164	70	1	1	2	2	γ	D/γ
PI 195167	7	1	1	2	2	γ	D/γ
PI 161152	20	1–3	0	2	2	α	W(T)/α
PI 558462	—	1–3	0	2	2	α	W(T)T/α

Примечание: * — оценку ФФП образцов не проводили.

Выявлено 5 типов цитоплазм у изученных образцов. Почти половина образцов – 12 (46,2%) имели цитоплазму W/α. Тип цитоплазмы W/γ представлен у 4 образцов (15,4%). Около трети образцов — 8 (30,8%) имели цитоплазму D-типа (5 имели D/α и 3 D/γ). Еще два образца имели тип цитоплазмы, который не укладывается в имеющуюся классификацию: в отличие от типа W/α у них при амплификации с маркером T детектировалась дополнительная полоса в позиции 3, характерная для цитоплазмы T-типа (*S. tuberosum*). Зависимость уровня ФФП от типа цитоплазмы не прослеживалась (табл. 1).

Обсуждение

T. Hosaka, R. Sanetomo (2012) [6] предложили номенклатуру генетических типов цитоплазм картофеля, основанную на результатах ПЦР-анализа с применением 5 маркеров хлоропластной и 1 маркера митохондриальной ДНК изучаемых образцов. С помощью этой методики проведе-

но изучение больших коллекций сортов картофеля. Выделено шесть основных типов цитоплазм картофеля: T/β, характерный для *S. tuberosum*, а также A, M, P, D и W/γ, интрогрессированные от примитивных культурных и диких видов. Показано наличие значительной доли сортов, имеющих цитоплазму D-типа, унаследованную от дикого гексаплоидного вида *S. demissum*, с которой связывают пониженную функциональную фертильность пыльцы, а также цитоплазму типа W/γ, унаследованную от аллотетраплоидного дикого вида *S. stoloniferum*, которая коррелирует с мужской стерильностью.

Сорта картофеля с цитоплазмой типа W/γ, как правило, мужски стерильны. Однако представленные в нашей коллекции 4 образца дикого вида с этой цитоплазмой отличались сравнительно высоким уровнем функциональной фертильности пыльцы. Очевидно, фертильность межвидовых гибридов на этой цитоплазме зависит от доли генома дикого вида: чем она выше, тем выше фертильность. Его замещение на геном культурного картофеля, по-видимому, приводит к мужской стерильности (ЦМС является результатом взаимодействия ядерных генов культурного картофеля и цитоплазматических генов дикого вида). Поэтому образцы *S. stoloniferum* с цитоплазмой W/γ нежелательно использовать в селекции. Это же, по-видимому, относится и к образцам с цитоплазмой W/α. По нашим данным, происходящие от *S. stoloniferum* мужски стерильные сорта картофеля Assia, Heidrun и Pirola имели цитоплазму типа W/α.

В качестве альтернативы представляют интерес образцы *S. stoloniferum* с цитоплазмой D-типа. Хотя считается, что сорта картофеля с этой цитоплазмой мужски стерильны из-за пониженной функциональной фертильности пыльцы, имеется достаточно много исключений. Так, по нашим данным, высоко фертильные сорта картофеля Манифест и Чародей имеют цитоплазму D/γ. Такая же цитоплазма у фертильных SvSv-линий, происходящих от сорта Nortena (см. выше).

Таким образом, в геном пуле дикого аллотетраплоидного вида картофеля *S. stoloniferum* представлено нескольких типов цитоплазм, использование которых при интрогрессии ценного генофонда этого вида в селекционный материал позволяет рассчитывать на получение фертильных межвидовых гибридов.

Список литературы

1. Lössl A., Götz M., Braun A., Wenzel G. Molecular markers for cytoplasm in potato: male sterility and contribution of different plastid-mitochondrial configurations to starch production. *Euphytica*, 2000, 116(3): 221–230.
2. Adiwilaga K. D., Brown C. R. Use of 2n pollen-producing triploid hybrids to introduce tetraploid Mexican wild species germplasm to cultivated tetraploid potato gene pool. *Theor. Appl. Genet.* 1991, 81(5): 645–652.
3. Полухович Ю. В., Маханько О. В., Савчук А. В., Воронкова Е. В., Ермишин А. П. Создание линий-посредников для преодоления межвидовой несовместимости у картофеля. *Весці НАН Беларусі, сер. біял. навук.* 2010, № 2. С. 51–58.
4. Левый А. В., Полухович Ю. В., Воронкова Е. В., Гукасян О. Н., Ермишин А. П. Использование *Solanum verrucosum* и Sv-линий для преодоления односторонней несовместимости при вовлечении в селекцию дикого аллотетраплоидного вида картофеля *S. stoloniferum*// Проблемы систематики и селекции картофеля. Тез. докл. Межд. науч. конф., посв. 125-летию со дня рожд. С. М. Букасова (Санкт-Петербург, 3–5 августа 2016 г). Санкт-Петербург, 2016. С. 69–70.
5. Pallais N, Fong N, Berrios D (1984) Research on the physiology of potato sexual seed production. Innovative methods for propagating potatoes. CIP Rep. 28 th Planning Conf, CIP, Lima: 149–168.
6. Hosaka K., Sanetomo R. Development of a rapid identification method for potato cytoplasm and its use for evaluating Japanese collections. *Theor. Appl. Genet.* 2012, 125: 1237–1251.

Растения Центрального ботанического сада НАН Беларуси как источники неогаленовых препаратов

**Попов Е. Г.¹, Кухарева Л. В.¹, Гиль Т. В.¹, Савич И. М.¹,
Тычина И. Н.¹, Аношенко Б. Ю.¹, Игнатовец О. С.²,
Феськова Е. В.², Леонтьев В. Н.², Титок В. В.¹**

¹ ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь,
E.Popoff@cbg.org.by

² Белорусский государственный технологический университет

Резюме. В рамках выполнения задания ГПНИ «Выделение и характеристика активных комплексов флавоноидов растений для создания неогаленовых фармацевтических средств — стимуляторов регенерации тканей» подобраны перспективные продуценты, собрано растительное сырье и приготовлены препараты, содержащие ряд флавоноидов-агликонов (*акацетин, апигенин, байкалеин, вогонин, гесперетин, госсипетин, гиспидулин, диосметин, каликозин, кверцетин, кемпферол, лютеолин, мирицетин, морин, норвогонин, ороксиллин, рамназин, робинетин, скутелларин, физетин, хризин*, другие) и их производные (гликозиды). Проводится оценка выделенных препаратов по критерию активации роста повреждённых нервных волокон на животных *in vivo*. Предварительные результаты показали активность в этом отношении у *физетин*-содержащих источников. Области применения: фармацевтика, косметика, фиточаи, биодобавки и другие.

Herbs from NAS of Belarus Central botanical garden as valuable source of neogalenica preparation. Popoff E. G., Kukhareva L. V., Gil T. V., Savich I. M., Anoshenko B. Yu., Ignatovets O. S., Feskova A. V., Leontiev V. N., Titok V. V. **Summary.** We select purposeful plants species to produce from them flavonoid complexes and its derivatives endowed with activity to stimulate regenerative processes in animals. Our *in vivo* experiments were aimed to choose among obtained plants' neogalenica preparations those that increase ability of nerve tissue to grow after artificial damages. Preliminary results are promising especially in regards to compound flavonoids' extracts enriched with fisetin and some others.

Среди растений Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси особое внимание в настоящее время привлекают продуценты биоактивных вторичных метаболитов, в частности, полифенолов-флавоноидов, которые могут оказывать отличающиеся эффекты на активность клеток млекопитающих, в том числе лечебные, следовательно, они рассматриваются как потенциальные источники неогаленовых препаратов целенаправленного воздействия [1]. Например, некоторые флавоноиды улучшают состояние кровеносных сосудов, другие проявляют антиаритмическую, антибактериальную, противовирусную, противоопухолевую, спазмолитическую, седативную и иные виды активности [2]. Отдельный интерес представляют флавоноиды, наделённые способностью стимулировать процессы оздоровления в повреждённых тканях организма человека. Спектр здесь широк: это ускоренное заживление ран, послеоперационные восстановления костной и мышечной тканей, печени и поджелудочной железы, деление нейронов, рост нервных волокон и прочие полезные точки применения [3–5]. Актуальность вышесказанного отражена в государственной программе научных иссле-

дований «Химические технологии и материалы, 2016–2020 гг.», где авторами выполняется соответствующее задание по теме «Выделение и характеристика активных комплексов флавоноидов растений для создания неогаленовых фармацевтических средств — стимуляторов регенерации тканей». В первую очередь из коллекционного фонда подобраны перспективные виды, синтезирующие флавоноиды.

Объектами проведения исследований явились растения:

Буквица лекарственная (*Betonica officinalis* L.), Воробейник лекарственный (*Lithospermum officinale* L.), Гринделия мощная (*Grindelia robusta* Nutt.), Душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.), Змееголовник молдавский (*Dracocephalum moldavica* L.), Иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.), Лаванда узколистная (*Lavandula angustifolia* Mill.), Левзея сафлоровидная (*Rhaponticum carthamoides* Willd.), Многоколосник морщинистый (*Agastache rugosa* Fisch. et Mey.), Монарда дудчатая (*Monarda fistulosa* L.), Очиток большой (*Hylotelephium maximum* (L.) Holub), Патриния средняя (*Patrinia intermedia* Hornem.), Полынь эстрагон (*Artemisia dracuncululus* L.), Пустырник сердечный (*Leonurus cardiaca* L.), Пятилистник кустарниковый (*Pentaphylloides fruticosa* (L.) Schwarz), Репешок аптечный (*Agrimonia eupatoria* L.), Цмин песчаный (*Helechrysum arenarium* (L.) Moench.), Чернушка дамасская (*Nigella damascena* L.), Чернушка посевная (*Nigella sativa* L.), Шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.), Шалфей мускатный (*Salvia sclarea* L.), Шалфей мутовчатый (*Salvia verticillata* L.), Шлемник байкальский (*Scutellaria baicalensis* Georgi).

Сбор материала для биохимических исследований проводился при вступлении растений в соответствующие фазы развития: бутонизация, цветение, плодоношение, конец вегетации. Из него приготовлено растительное сырье. Дальнейшая пробоподготовка заключается в извлечении компонентов сырья в раствор. В ходе исследований подобраны условия экстракции флавоноидов, обеспечивающие их максимальное извлечение. Метод пробоподготовки и получения экстрактов для анализа наличия целевых компонентов обоснован [2, 5]: фитомасса высушивается при 35°C, измельчается на лабораторной мельнице IKA Tube Mill (ФРГ) в порошок и экстрагируется 70%-ным этанолом при соотношении сырьё/этанол в разных вариантах опытов в диапазоне от 1:5 до 1:50. Процесс осуществляется на ультразвуковой водяной бане RK103H (Vandelin Sonorex, ФРГ [условия: 35 кГц, 35°C, I=1A; U=140/560Вт] 30 мин или более). Экстракты переносятся в тару из тёмного стекла с герметической крышкой и хранятся при 4°C и ниже.

Методом Фолина-Чокальтеу определены общие концентрации содержания флавоноидов (табл. 1) в образцах из растений видов: Пустырник сердечный, Монарда дудчатая, Репешок аптечный, Буквица лекарственная, Шалфей мускатный, Цмин песчаный, Чернушка дамасская.

Анализ компонентов экстрактов растений с использованием веществ-стандартов проводился на хроматографе Аджилент-1260 (Agilent, США) с колонкой Zorbax Eclipse Plus C18 (4,6 мм×150 мм). Перед этим экстракты центрифугировали (15000 g, 3 мин, 20°C) и пропускали через фильтры PTFE (Agilent, ФРГ) с диаметром пор 0,2 мкм, затем вносили в хромато-виалы, помещали их в штатив прибора, откуда отбор на анализ проводился автоматом. Хроматография осуществлялась при 30°C в изократической системе растворителей «метанол/вода/ацетонитрил» [60/20/20] со скоростью 1 мл/мин.

Регистрация биохимических субстанций в пробах экстрактов растительного сырья осуществлялась диодно-матричным детектором DAD G4212B Agilent-1260, США (в milli Absorbance Units [mAU]) по их поглощающей способности при длинах волн облучения в диапазоне 203...560 нм. Проведены также предварительные масс-спектрометрические анализы ряда фитопрепаратов и начата идентификация в них флавоноидных компонентов. Критериями отбора образцов для исследований являлось, в том числе, наличие *физетина*, *кемпферола* и *изокверцитрина*. Примеры результатов даны ниже на рис. 1.

Анализы выявляют в препаратах растений спектр веществ полифенольной природы — это флавоноиды-агликоны с характерным поглощением при длине волны 272 нм. Среди них наиболее значимые: *акацетин*, *апигенин*, *байкалеин*, *вогонин*, *акацетин*, *апигенин*, *байкалеин*, *вогонин*, *гесперетин*, *госсипетин*, *гиспидулин*, *диосметин*, *каликозин*, *кверцетин*, *кемпферол*, *лютеолин*, *мирицетин*, *морин*, *норвогонин*, *ороксиллин*, *рамназин*, *робинетин*, *скутелларин*, *физетин*, *хризин*, другие и их производные (гликозиды).

Таблица 1

Концентрации флавоноидов в растительных экстрактах

Вид растения	Фитосырьё	Масса навески, г	Концентрация флавоноидов, мг-экв. галловой кислоты на 1 л	Содержание флавоноидов, мг-экв. галловой кислоты на 1 г с. в.
Буквица лекарственная	стебли	0,158	66,7	7,177
	листья	0,150	160,5	14,659
	цветы	0,152	156,9	13,832
Монарда дудчатая	листья	0,157	19,2	1,793
	цветы	0,157	187,9	14,721
Пустырник сердечный	листья	0,253	76,7	7,579
Репешок аптечный	листья	0,157	85,2	43,631
	цветы	0,152	66,5	6,081
Цмин песчаный	листья	0,153	43,2	3,501
	цветы	0,156	120,1	9,623
Чернушка дамасская	семена	0,156	93,5	8,031
Шалфей мускатный	листья	0,101	181,4	31,970
	цветы	0,158	181,4	14,466

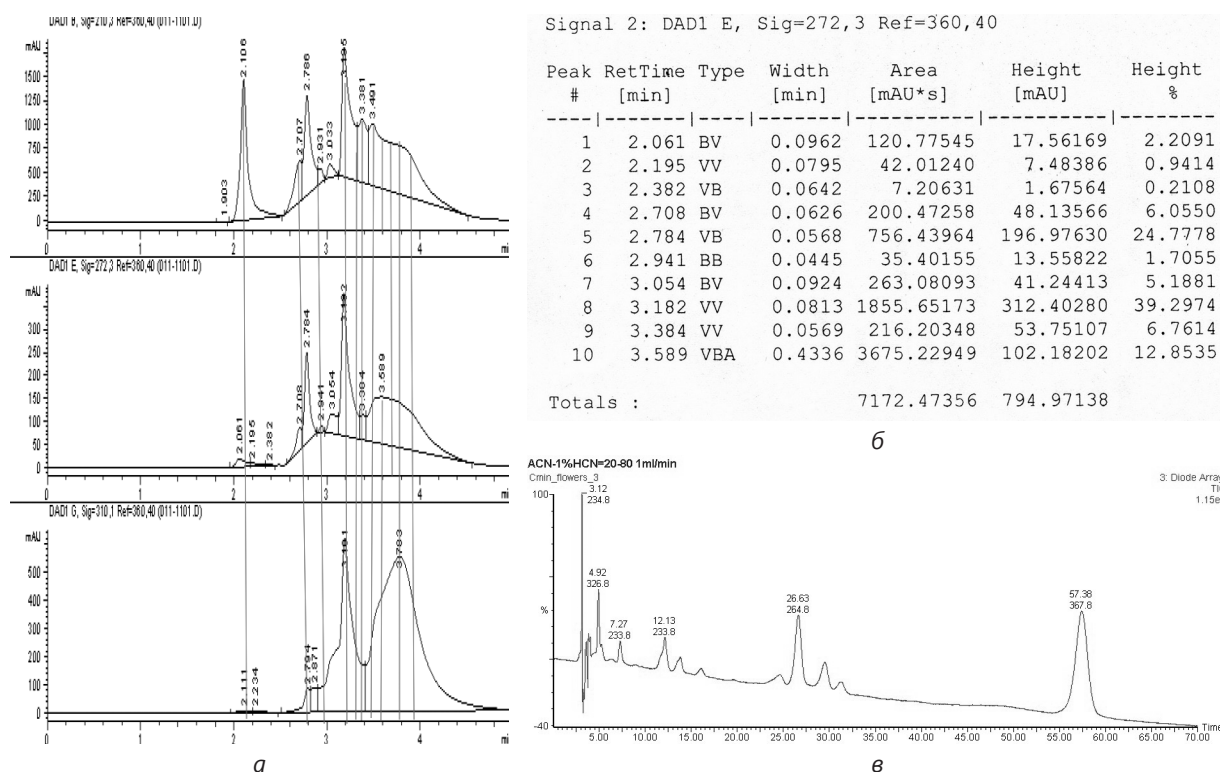


Рис. 1. Типичные хроматограммы проб экстрактов растительного сырья выявляют от 10 и более видов флавоноидов-агликонов и их производных: а, б — флавоноиды Змееголовника молдавского; в — флавоноиды Цмина песчаного

Следующий этап — проведение серии практических экспериментов в специальных тест-системах на животных (*Helix pomatia* L.) по выявлению экстрактов комплексов флавоноидов наиболее активных в отношении стимуляции регенерации нервных волокон. Предварительные результаты показали наибольшую активность в этом отношении у *физетин*-содержащих препаратов [1, 3–6].

Список литературы

7. Савич, И. М. Интродуцированные растения ЦБС НАН Беларуси, перспективные для создания неогаленовых средств — стимуляторов регенерации тканей / И. М. Савич, И. Н. Тычина, Е. Г. Попов, В. В. Титок // Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине»: материалы Междунар. научно-практич. конф., Москва, ВИЛАР, 23–25 июня 2016 г. — М.: Щербинская типография. — С. 148–150.
8. Государственная фармакопея Республики Беларусь. Контроль качества вспомогательных веществ и лекарственного растительного сырья/ УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. А. А. Шерякова. — Молодечно: «Победа», 2008. — Т. 2. — 472 с.
9. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина/ Тараховский Ю. С., Ким Ю. А., Абдрасилов Б. С., Музафаров Е. Н.; [ред. Е. И. Маевский] — Пущино: Synchronobook, 2013. — 310 с.
10. Игнатовец, О. С. Разработка фитопрепарата на основе флавоноидов для регенерации нервной ткани / О. С. Игнатовец, Е. В. Феськова, В. Н. Леонтьев, В. В. Титок// Инновации в здоровье нации: материалы IV Всерос. научно-практич. конф. с международным участием, 9–10 ноября 2016 г., Санкт-Петербург. — СПб.: Наука, 2016. — С. 79–80.
11. Кухарева, Л. В. Геронтопротекторные вещества иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis*) и многоколосника морщинистого (*Agastache rugosa*)/ Л. В. Кухарева, Е. Г. Попов, Т. В. Гиль, А. Д. Луу, Х. В. Буи, Б. Х. Нинь, Н. Б. Ту, В. В. Титок // Вестник Фонда фундаментальных исследований. — 2016. — № 4. — С. 21–31.
12. Ignatovets, O. The flavonoids identification from medicinal plants using HPLC-MS with electrospray ionization (ESI)/ O. Ignatovets, A. Feskova, V. Luhin, V. Leontiev, V. Titok, P. Zukowski // ION 2016. Ion implantation and other applications of ions and electrons: materials of XI-th Int. sci. conf., Kazimierz Dolny (Poland) June 13–16, 2016. — Lublin: MCSU, 2016. — P. 100.

CRISPR/Cas9 геномное редактирование промоторной области гевеин-подобного гена арабидопсиса

Рожнова Н. А., Геращенко Г. А.

Федеральное государственное учреждение науки Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия, arotixis@anrb.ru

Резюме. Растительные фитопатогены представляют серьезную угрозу сельскому хозяйству. Появившаяся недавно технология CRISPR/Cas9 может быть использована для инжиниринга устойчивости растений к патогенам. Работа посвящена созданию генно-инженерных конструкций для CRISPR/Cas9 редактирования гевеин-подобного гена, вовлеченного в иммунитет растений. Нами использован вновь созданный экспрессирующийся вектор pKAMA-ITACHI Red (pKIR). В работе выполнен подбор геномной мишени для введения мутаций (последовательности 20 п. н.). Осуществлен дизайн одноцепочечной гидРНК. Осуществлена сборка Cas9/sgRNA экспрессионной кассеты.

CRISPR/Cas9 genomic editing of promoter region of arabidopsis gevein-like gene. Rozhnova N. A., Gerashchenkov G. A. **Summary.** Plant pathogens present a serious threat to agriculture. The CRISPR/Cas9 technology which has appeared recently can be used for engineering of resistance to phytopathogens. This work is devoted to creation of molecular genetic constructions for CRISPR/Cas9 engineering of the gevein-like gene involved in immunity of plants. We have used the expression vector pKAMA-ITACHI Red (pKIR). The selection of a genomic target for introduction of mutations (the sequence of 20 nucleotides) is executed. The design one-chained guideRNA is carried out. Assembly of Cas9/sgRNA of the expression cassette is carried out.

Обнаружение в 90-х годах в растениях антимикробных пептидов (AMP), обладающих широким спектром антимикробного действия, открыло новые возможности для создания устойчивых форм растений, поскольку гены антимикробных пептидов могут быть непосредственно встроены в геномы чувствительных к патогенам растений с использованием методов генетической трансформации. Кроме того, антимикробные пептиды растений рассматриваются в качестве альтернативы традиционно используемым антибиотикам и антимикотикам, что особенно актуально в эпоху появления большого количества устойчивых форм патогенов (Marshall and Arenas, 2003). В связи с этим поиск новых высокоактивных пептидов и разработка методов их получения в частности путем гетерологической экспрессии представляются чрезвычайно актуальными.

Цель работы — исследовать влияния направленных мутаций, вызванных методом геномного редактирования CRISPR/Cas9, в промоторной области генов гевеин-подобных белков растений арабидопсиса. В качестве рабочей гипотезы рассматриваем положение о том, что промоторная область этих генов вносит важный вклад в фитопатогенную активность гевеин-подобных белков. В этой связи нам предстоит решить следующие задачи: (1) подобрать мишень в промоторной области генов гевеин-подобных белков арабидопсиса; (2) построить экспрессирующийся вектор на основе имеющегося в наличии исходного высокоэффективного CRISPR/Cas9 вектора для *Arabidopsis thaliana*, pKAMA-ITACHI Red (pKIR).

Методы исследования

Для клонирования были использованы стандартные методы молекулярной биологии (Green M R, Sambrook 2012). Создание плазмидных конструкций выполняли на основе бинарного вектора для генетической трансформации растений pКАМА-ITACHI Red (pKIR) (Tsutsui and Higashiyama 2016).

Результаты и обсуждения

1. Выполнен подбор геномной мишени для введения мутаций (последовательности 20 п. н.). Осуществлен дизайн одноцепочечной гидРНК. Для минимизации ложно целевых вариантов были использованы он-лайн биоинформационные ресурсы, такие как CRSIPR-ERA, CRISPR-P, CRISPR design, CHOCHOP, DESKGEN, Cas-OFFinder и др.

2. Осуществлена сборка Cas9/sgRNA экспрессионной кассеты, построенной по принципу «все в одном векторе». В качестве исходного вектор для *Arabidopsis thaliana* были использованы вектора серии pКАМА-ITACHI Red (pKIR).

В нашей работе мы осуществляем стратегию редактирования генов геwein-подобных белков для улучшения устойчивости к фитопатогенам. Исследование нацелено на модифицирование промоторный участок последовательности гена геwein-подобного белка арабидопсиса для усиления экспрессии AMP, вовлеченных в растительный иммунитет (Егоров, Одинцова 2012). У *Arabidopsis thaliana* к настоящему времени известно не менее 15 AMP и AMP-подобных белков. В Генбанке присутствует информация о геwein-подобном гене AT3G04720.1. Этот ген относится к группе PR4 белков и имеет геwein-подобную природу. Ген кодирует белок, подобный антигрибному хитин-связывающему белку латексного (каучуконосного) дерева. Известно, что уровни мРНК увеличиваются в ответ на действие этилена и при инфицировании вирусом морщинистости репы.

Менее чем 5 лет тому назад метод CRISPR/Cas редактирования был впервые использован у эукариот, к настоящему времени стал наиболее эффективной и широко используемой технологией геномного редактирования. Агробактериальная Т-ДНК трансформация — это часто используемый метод для создания трансгенных растений. Интересно, что в базе данных WoS технология исследования по CRISPR редактированию геwein-подобных генов не представлены. Полученные растения арабидопсиса с измененной структурой промоторной области геwein-подобных генов будут в фокусе традиционных исследований фитопатологии. Методом иммуноферментного анализа будет изучено накопление фитопатогенов в отредактированных растениях при их инфицировании (Рожнова и др. 2001; 2008). Также будет изучена фитопатогенная активность геwein-подобных белков из арабидопсиса и пшеницы.

На следующем этапе нам предстоит изучить и подтвердить или опровергнуть предположение, что белки модифицированных геwein-подобных генов арабидопсиса будут иметь антифитопатогенную активность не ниже, чем гомологичные белки из *Triticum kiharae* Dorof. et Migusch.. Проведенные исследования позволят углубить представления об иммунитете растений при адресных целевых мутациях в промоторной области геwein-подобных генов у представителей однодольных и двудольных растений. Таким образом, предлагаемые в исследовании методы и подходы реалистичны и позволяют решить эффективно решать задачи защиты растений методами молекулярной генетики. Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ_Поволжье (проекты 17-04-020667 и 17-04-020612).

Список литературы

1. Marshall S. H. and Arenas G. Antimicrobial peptides: A natural alternative to chemical antibiotics and a potential for applied biotechnology // *Electronic Journal of Biotechnology*. 2003. V. 6, N. 3.
2. Green M R, Sambrook J (2012) *Molecular Cloning: A Laboratory Manual (Fourth Edition): Three-volume set*. Cold Spring Harbor, N. Y.: Cold Spring Harbor Laboratory Press. 2028P. Tsutsui H., Higashiyama T. pKAMA-ITACHI Vectors for Highly Efficient CRISPR/Cas9-Mediated Gene Knockout in *Arabidopsis thaliana* // *Plant Cell Physiol*. 2017. V. 58, N. 1. P. 46–56.
3. Егоров Ц. А. Одинцова Т. И. Защитные пептиды иммунитета растений // *Биоорганическая химия*. 2012. Т. 38, № 1, с. 7–17.
4. Рожнова Н. А., Геращенко Г. А., Одинцова Т. И., Мусин С. М. и Пухальский В. А. Синтез новых белков картофеля *in vitro* при защитном действии арахидоновой кислоты во время вирусной инфекции // *Физиология растений*. — 2001. — V. 48, N. 6. — С. 897–905.
5. Рожнова Н. А., Геращенко Г. А. Влияние убихинона 50 и вирусной инфекции на активность фитогемагглютининов при формировании индуцированной устойчивости у табака // *Известия РАН. Серия биологическая*. 2008. № 4. С. 442–447.

Технология получения альтернативного лекарственного растительного сырья — клеточной биомассы василистника малого, продуцента берберина

Савин П. С.

Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, Москва, Россия

Резюме. Результатом исследований является стабильно растущая и берберин-продуцирующая линия клеток василистника малого, отработаны условия культивирования, подобран оптимальный состав питательной среды, проведено успешное масштабное выращивание суспензионной культуры в ферментаторах объемом 10 л и 80 л.

Savin P. S. **Summary.** Is result of researches steadily growing and berberinum producing line of cages of a *Thalictrum minus*, cultivation conditions are fulfilled, the optimum composition of nutrient medium is picked up, successful scale cultivation of suspension culture in fermenters of 10 l and 80 l is carried out.

Альтернативным методом расширения сырьевой базы и охраны окружающей среды является клеточная биотехнология. Культивирование тканей и клеток растений на искусственных питательных средах в условиях *in vitro* является стабильным, быстрым и экологически чистым способом получения целевого продукта в необходимом количестве. Одним из перспективных источников берберина может являться клеточная культура василистника малого (*Thalictrum minus* L.) семейства лютиковых (Ranunculaceae).

В современной биологии и медицине алкалоид берберин является одним из наиболее применяемых природных алкалоидов протобербериновой группы. Берберину присущи желчегонное, антибактериальное, антипротозойное и противогрибковое действия. Берберин применяется для профилактики и лечения сахарного диабета, сердечно-сосудистых заболеваний, фиброза и цирроза печени, дрожжевых инфекций. Защищает печень, помогает снизить и контролировать вес. Препятствует росту всех основных раковых клеток. Универсальность Берберина обусловлена тем, что он активирует АМФК (АМФ-активируемая протеинкиназа), контролируя обмен веществ и энергетический баланс клетки. Ранее сырьем для получения берберина служили корни барбариса обыкновенного. В связи с большой потребностью в сырье все существующие заросли находятся под угрозой уничтожения. На сегодняшний день в связи с отсутствием плантационных насаждений барбариса производство берберина в России прекращено и берберин является импортируемым препаратом. Хотя в горах Кавказа барбарис еще пока встречается в значительных количествах, необходим поиск других источников его получения [1].

Использование биотехнологического сырья василистника малого позволит сохранить посадки источника сырья — барбариса, который для добычи корней растения выкапывают, и повторные заготовки корней на том же месте производят только спустя 5–10 лет. Одновременно позволит обеспечить регулярное поступления желчегонного препарата растительного происхождения на потребительский рынок.

В основе производства БАВ (лекарственные субстанции и др.) из культуры клеток растений лежит ряд последовательных стадий и операций, в частности получение высокопродуктивных продуцентов, определение оптимальных условий культивирования продуцента БАВ с максимальным биосинтезом целевого продукта.

В результате проведенных экспериментов был подобран оптимальный состав питательной среды. Установлено, что рост суспензионной культуры василистника малого обеспечивается преобладанием в питательном субстрате ионов P^{+5} и Mg^{+2} и N^{+5} , для синтеза берберина достаточно высокой является роль ионов P^{+5} . При изменении доли ионов Ca^{+2} Mg^{+2} и K^{+} происходит перераспределение содержания алкалоида в ткани и в культуральной жидкости. Для стабильного поддержания роста суспензионной культуры василистника малого необходимо вносить регуляторы роста 2,4-Д и НУК [2,3].

Были определены значения параметров роста не только характеризующие физиологическое состояние культуры, потенции среды и условий культивирования, но также необходимые для оценки адекватности условий культивирования при увеличении масштаба процесса: абсолютная скорость роста, удельная скорость роста, дыхательная активность. Установлено, что для культивирования клеточной культуры *Thalictrum minus* L. требуется коэффициент массопередачи кислорода от 9 ч^{-1} до 16 ч^{-1} в динамике роста [4].

Показана возможность культивирования суспензионной культуры василистника малого в полупромышленных ферментаторах. Клеточную биомассу получали путем выращивания в ферментаторе аэролифтного типа ЛН-4000 объемом 80 л.

Таким образом, результатами исследований являются стабильно растущая и берберин-продуцирующая линия клеток василистника малого, отработанные условия культивирования, оптимальный состав питательной среды, успешное масштабное выращивание суспензионной культуры в ферментаторах объемом 10 л и 80 л [5,6].

Список литературы

1. Тертичная Ю. М., Быков В. А., Савина Т. А., Мизина П. Г. Протобербериновые алкалоиды в лекарственных растениях. Научно-практический журнал «Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии», 2011. № 11, С. 3–10
2. Савин П. С., Савина Т. А., Тертичная Ю. М., Быков В. А., Оптимизация питательной среды для выращивания клеточной культуры *Thalictrum minus* L. в условиях глубинного культивирования. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии, 2013, № 11, С. 87–91
3. Савин П. С., Савина Т. А., Цыбулько Н. С., Тертичная Ю. М., Изучение зависимости роста суспензионной культуры *Thalictrum minus* L. и синтеза ею алкалоида берберина от фитогормонов. Сборник: Молодые ученые и фармация XXI века. Сборник научных трудов второй научно-практической конференции. 2014. С. 275–280.
4. Савин П. С. Изучение некоторых аспектов жизнедеятельности клеточной культуры *Thalictrum minus* L. Вторая научно-практическая конференция международным участием « Молодые ученые и фармация XXI века» Сб. научн. трудов, 2014, С. 275–280.
5. Савин, П. С., Савина Т. С., Цыбулько Н. С. Изучение влияния регуляторов роста на ростовые и биосинтетические характеристики суспензионной культуры *Thalictrum minus* L. при выращивании в лабораторных ферментаторах, Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине: сб. науч. тр., 2016, С. 308–311.
6. Савин П. С., Елисева Т. А., Цыбулько Н. С. Изучение физиологических и биохимических характеристик суспензионной культуры *Thalictrum minus* L. При выращивании в лабораторных ферментаторах., Сборник: Молодые ученые и фармация XXI века. Сборник научных трудов третьей научно-практической конференции. 2015, С119–125.

Изучение влияния продолжительности и режима хранения сортовых семян лекарственных растений на основные посевные качества и цитогенетические характеристики их проростков

Свистунова Н. Ю.

Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР), Москва, РФ, aloevera3006@gmail.com

Резюме. Проведено исследование влияния различных условий хранения (-18°C , $+5^{\circ}\text{C}$ и $+20^{\circ}\text{C}$) на основные посевные качества семян лекарственных культур на примере ромашки аптечной и зверобоя продырявленного. Дана морфометрическая характеристика проростков сортовых семян растений (длина и масса). Установлено, что длительность хранения не повлияла на морфологические характеристики проростков, но в значительной степени влияет на энергию прорастания и всхожесть. Выявлено, что с увеличением срока хранения семян число хромосомных aberrаций в клетках корневой меристемы растений увеличивается.

The investigation of influence storage regime of varietal seeds medicinal plants on the basic sowing qualities and cytogenetic characteristics of their seedlings. Svistunova N. Y. **Summary.** The effect of various storage conditions (-18°C , $+5^{\circ}\text{C}$ and $+20^{\circ}\text{C}$) on the basic sowing qualities of seeds of medicinal crops on the example of *Matricaria chamomila* and *Hypericum perforatum* was studied. Morphometric characteristics of seedlings of plant varieties of seeds (length and mass) are given. It has been established that the duration of storage did not affect the morphological characteristics of seedlings, but it significantly influences the germination energy and germination capacity. It has been revealed that the number of chromosomal aberrations in the cells of the root meristem of plants increases with increasing shelf life of the seeds.

Одним из наиболее приоритетных направлений в селекции лекарственных культур является сохранение и поддержание генофонда сортов и улучшенных популяций, созданных селекционерами на протяжении более 50 лет. В связи с тем, что не всегда есть возможность поддержания коллекции сортов лекарственных культур, осуществляется долговременное сохранение этой уникальной коллекции в виде семян. Семена являются наиболее оптимальной формой хранения генетического материала, так как образцы требуют сравнительно небольшого ухода и остаются жизнеспособными в течение длительного периода времени.

Известно, что низкие положительные температуры не позволяют длительно сохранять семена без ухудшения качества и уменьшения жизнеспособности вследствие биохимических процессов старения и появления хромосомных aberrаций в кариотипах растений (Мокронос, 1994). В связи с этим цель работы заключалась в изучении влияния продолжительности и режима хранения сортовых семян лекарственных растений на примере зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.) и ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla* L.) на основные посевные качества и цитогенетические характеристики проростков.

Материалы и методика исследований

Материалом для исследования послужили семена ромашки аптечной сорта Подмосковная (1988, 2001 и 2016 год сбора) и зверобоя продырявленного сорта Солнечный (2001 и 2014 год сбора) из коллекции ФГБНУ Всероссийского института лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР, Москва). Семена хранились в запаянных полиэтиленовых пакетах при низкой положительной (+5°C) и отрицательной температуре (-18°C) и в условиях пониженной влажности (5%), а также при комнатной температуре (+20°C) в бумажных пакетах, влажность семян не превышала 6–7%. Оценку основных посевных качеств семян проводили в соответствии с общепринятыми методиками ГОСТ Р 51096–97.

Приготовление хромосомных препаратов проводили по описанной ранее методике с учетом специфики хромосом лекарственных растений (Саматадзе и др., 1997). Просмотр препаратов, отбор хромосомных пластинок и их анализ проводили с помощью светового микроскопа Ломо Микмед-5 при увеличении $\times 40$, снабженного камерой 14.0 Мп USB 2.0 C-Mount.

Результаты и обсуждение

Известно, что семена ромашки аптечной и зверобоя продырявленного являются светочувствительными и характеризуются неглубоким физиологическим типом (В1) эндогенного покоя. Универсальным фактором преодоления данного типа покоя является воздействие пониженными температурами на набухшие семена (Николаева, 1985). В связи с этим семена проращивали на свету при резко колеблющихся температурах в течение первых трех суток, а затем при постоянной температуре (+20°C).

Хранение семян при низких отрицательных температурах влияет на динамику появления всходов. По литературным данным установлено, что для большинства видов при таком способе хранения прорастание семян начинается одновременно с контролем, у некоторых видов — быстрее, у единичных — на несколько дней позже, что согласуется с предыдущими нашими исследованиями (Свистунова, 2014). Результаты данного исследования показали, что длительное хранение при низкой отрицательной температуре аналогичным образом действует на семена зверобоя, а для семян ромашки способствует повышению всхожести (табл. 1). Такой эффект может быть связан с преодолением эндогенного типа покоя под воздействием низких температур, что характерно для изучаемых культур.

Семена ромашки и зверобоя, хранившиеся при низкой положительной температуре в течение 15 лет, соответствовали по показателю всхожести категории репродукционных семян, хотя были заложены на хранение как оригинальные семена. Это объясняется биохимическими процессами, происходящими в семенах при их старении и согласуется с исследованиями ряда авторов (Мокроносов, 1994; Журавская, 2014).

Всхожесть семян зверобоя продырявленного, хранившихся при комнатной температуре (+20°C) в течение 2 лет по показателю всхожести (86,3%) оказалась сопоставима с хранением в течение 15 лет при низких положительных температурах (86,5%), что соответствует требованиям ГОСТа. Проращивание семян и определение всхожести (на 12-е сутки для ромашки аптечной и на 18-е сутки для зверобоя продырявленного) после посева показало, что у обоих изученных видов неспособными к прорастанию оказались образцы, хранившиеся в течение 15 и 28 лет в комнатных условиях.

Одним из важных показателей успешного хранения семян является нормальный рост и развитие проростков из длительно хранившихся семян. Результаты опыта показали, что длительное воздействие отрицательных температур на семена ромашки и зверобоя не привели к появлению аномально развитых проростков (табл. 2). Фитомасса проростков после длительного замораживания семян была незначительно выше, чем у семян после 1–2 лет хранения.

Известно, что в процессе старения семян имеется прямая взаимосвязь между всхожестью семян и количеством патологических митозов (Кершенгольц, 2012). Цитогенетическая стабильность оценивается по частоте патологий митоза в корневой меристеме и уровню миксоплоидии

(процент клеток с числом хромосом, отклоняющимся от диплоидного набора хромосом). Анафазный анализ клеток меристематической ткани корешков выявил наличие aberrантных клеток. В корневой меристеме ромашки аптечной при хранении в течение 28 лет при низкой положительной температуре (+5°C) отмечалось повышенное содержание хромосомных аномалий, заключающееся в неравномерном расхождении хромосом в анафазе и телофазе и линейное расположение хромосом в клетках. Отмечалось появление хромосомных aberrаций в виде мостов и фрагментов (рис. 1).

Таблица 1
Влияние срока и условий хранения на всхожесть семян *Matricaria chamomilla* L. и *Hypericum perforatum* L.

Название	Год сбора семян	Продолжительность хранения, лет	Энергия прорастания, %			Всхожесть, %		
			-18°C	0+5°C	+20°C	-18°C	0+5°C	+20°C
<i>Matricaria chamomilla</i> L., сорт Подмосковная	1988	28	85,0	34,1	0	97,0	51,3	0
	2001	15	79,0	52,5	0	82,0	65,9	0
	2015	1	82,0	88,2	83,9	94,0	90,1	91,5
HCP ₀₅						6,86	6,29	5,92
<i>Hypericum perforatum</i> L., сорт Солнечный	2001	15	68,7	54,6	0	95,2	86,5	0
	2013	2	77,1	66,5	71,8	99,1	93,7	86,3
HCP ₀₅						7,25	6,90	6,73

Таблица 2
Морфометрическая характеристика проростков

Название	Год сбора семян	Продолжительность хранения, лет	Длина проростка, см	Масса 100 проростков, г
<i>Matricaria chamomilla</i> L., сорт Подмосковная	1988	28	0,69±0,056	3,0±0,3
	2001	15	0,64±0,042	3,4±0,35
	2016	1	0,58±0,048	3,1±0,23
<i>Hypericum perforatum</i> L., сорт Солнечный	2001	15	1,10±0,041	1,5±0,08
	2014	2	1,03±0,033	1,4±0,14

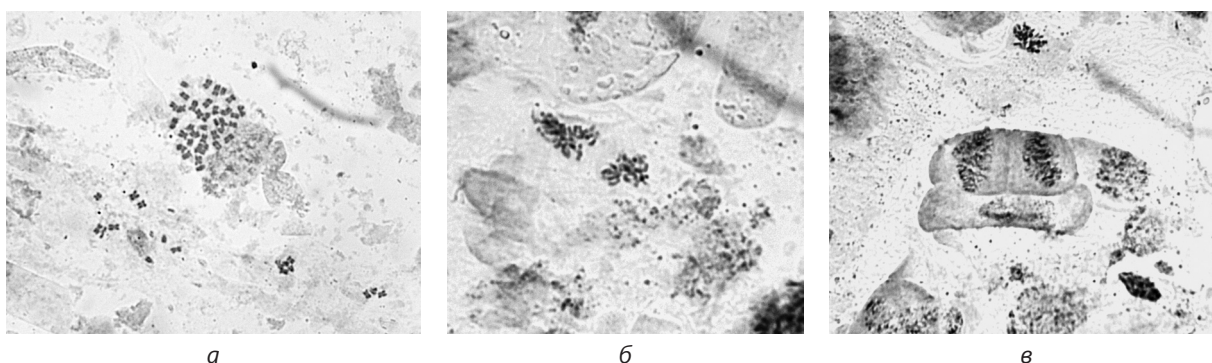


Рис. 1. Характер митотических нарушений у ромашки аптечной (2n=4 x=36): а — метафаза-норма; б — анафаза — неравномерное расхождение хромосом; в — линейное расположение клеток

Установлено, что в клетках у ромашки, наряду с нормой ($2n=36$), встречаются клетки с уменьшенным числом хромосом ($2n=35, 34$). Также обнаружены клетки с микроядрами на заключительных стадиях митоза, что говорит о нарушениях, происходящих в предыдущих стадиях клеточного цикла.

В препаратах из семян зверобоя проросшего после 15 лет хранения при низкой положительной температуре наряду с преобладающим количеством нормальных клеток в анафазе ($16 : 16$) обнаружены клетки с неправильной ориентацией хромосомного материала, а именно линейное расположение клеток.

Следует отметить, что при отрицательной температуре хранения семян ромашки и зверобоя хромосомных aberrаций в клетках корневых меристем практически не наблюдалось.

Результаты комплексного исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Семена лекарственных растений (на примере ромашки и зверобоя) хорошо переносят длительное хранение при отрицательных температурах и сохраняют свою жизнеспособность;
2. Существенных изменений в развитии проростков из семян, хранившихся длительное время при низкой отрицательной температуре, отмечено не было;
3. Показатель анализа цитологической стабильности необходимо учитывать наряду с посевными качествами семян при длительном хранении и в соответствии с этим устанавливать сроки возобновления (пересева) образца;
4. Данные исследования являются необходимыми для поддержания и сохранения генофонда оригинальных сортовых семян лекарственных растений.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51096–97 Семена лекарственных и ароматических культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия
2. Журавская А. Н., Филиппова Г. В., Кершенгольц Б. М., Чжан Р. В. Всхожесть, биохимические и цитогенетические характеристики проростков после долговременного хранения семян гороха в условиях вечной мерзлоты. *Сельскохозяйственная биология*. 2014. № 1. С. 72–78
3. Кершенгольц Б. М., Жимулев И. Ф., Гончаров Н. П., Чжан Р. В., Филиппова Г. В., Шейн А. А., Прокопьев И. А. Сохранение генофонда растений в условиях многолетней мерзлоты: состояние, преимущества, перспективы. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2012. том 16. № 3. С. 675–682.
4. Мокронос А. Т., Купцова Е. С., Кузнецов В. В. Генетическая коллекция как способ сохранения биоресурсов планеты. *Вестник Российской академии наук*. 1994. 64(11). С. 991–1001.
5. Николаева М. Г., Разумова М. В., Гладкова В. Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л. Наука. 1985. 347 с.
6. Саматадзе Т. Е., Муравенко О. В., Климахин Г. И., Зеленин А. В. Изучение внутривидового полиморфизма по рисунку С-окрашивания хромосом *Matricaria chamomilla* L. (=syn. *M. recutita* L.). *Генетика*. 1997. т. 33. С. 130–132.
7. Свистунова Н. Ю., Тоцкая С. А., Грязнов М. Ю., Хазиева Ф. М. Влияние различных условий хранения на долговечность семян зверобоя проросшего (*Hypericum perforatum* L.) коллекции ВИЛАР. Сб. науч. тр. «Молодые ученые и фармация XXI века». 2014. С. 43–46.

Сравнительная характеристика химического состава и определение биологической активности растительной биомассы *Iris sibirica* L. разного способа получения

Синицына А. А., Тихомирова Л. И., Базарнова Н. Г.,
Ильичёва Т. Н.

Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия, nastyia.sinitsyna.1994@mail.ru

Резюме. Биотехнологический способ получения ценного растительного сырья *Iris sibirica* L. является перспективным. В биотехнологическом сырье экстрактивных веществ и флавоноидов накапливается значительно больше, чем в традиционном сырье. Впервые определена биологическая активность экстрактов сырья *I. sibirica* в отношении вирусов.

Comparative characteristics of the chemical composition and determination of the biological activity of the plant biomass *Iris sibirica* L. of a different method of preparation. Sinitsyna A. A., Tikhomirova L. I., Bazarnova N. G., Ilyicheva T. N. **Summary.** Biotechnological method of obtaining valuable plant material *Iris sibirica* L. is promising. In biotechnological raw material extractives and flavonoids accumulate much more than traditional raw materials. First defined biological activity of the extracts of raw materials of *I. sibirica* against viruses.

Культивирование тканей и органов растений является эффективным способом производства растительной биомассы с целью накопления биологически активных веществ [1–5].

Iris sibirica L. (ирис сибирский) — многолетнее корневищное растение, достигающее высоты 70–110 см. Листья линейные, зелёные, не жёсткие, до 50–80 см длиной и 4 см шириной [6]. Ареалом *I. sibirica* являются огромные территории, начиная от севера Италии и до чистейшего озера Байкал. Подземная часть содержит углеводы (сахароза — до 2,3%, фруктаны — до 2,7%, крахмал — до 2,5%). В листьях найдены фенолкарбоновые кислоты (кофейная, синаповая, п-кумаровая, феруловая); флавоноиды (кверцетин, мирицетин); антоцианы (дельфинидин, цианидин). Семена содержат глюкоманнаны — до 18%. Отвар используют при болезнях сердца, а также как ранозаживляющее средство. Подземная часть, цветки, семена применяют в тибетской медицине при пневмониях, бронхитах, гепатитах, хронических гастритах, гинекологических заболеваниях [7–9].

Известен способ получения эфирного масла из каллусной культуры *I. sibirica* L. Использование предлагаемого способа обеспечивает повышение качества эфирного масла, значительное повышение выхода ирона, снижение себестоимости получаемого продукта, возможность непрерывного выращивания культур тканей независимо от природных условий, расширение сырьевой базы [7–9].

Целью данной работы являлось проведение фитохимической оценки сырья *I. sibirica*, полученного на основе биотехнологии в сравнении с традиционным сырьём.

Материалом исследования служили образцы 6-ти летних интактных растений *I. sibirica* сорта Стерх, собранных в 2015 году в окрестностях г. Новоалатйска, Алтайского края.

Биотехнологическое сырьё получали в течение 6 месяцев в результате культивирования *I. sibirica* на агаровой питательной среде Мурасиге — Скуга с целью клонального микроразмножения [10], затем растения-регенеранты выращивали на гидропонной установке в питательном растворе на основе 1/4 среды Мурасиге — Скуга (рис. 1). Растительную массу получали при температуре 24–26°C, при освещённости 3–4 кЛк, режим освещения: 16 часов день, 8 часов ночь.

Сырьё сушили до воздушно-сухого состояния, измельчали и отбирали размер фракций 0,14–0,63 мм. Для исследования суммы экстрактивных веществ служил метод исчерпывающей экстракции на аппарате Сокслета. В качестве экстрагентов последовательно были использованы гексан, хлороформ, 95%-ный этиловый спирт и дистиллированная вода [11].

Для количественного определения флавоноидов применяли спектрофотометрический метод В. В. Беликова, в котором использована реакция комплексообразования флавоноидов с хлоридом алюминия [9]. Содержание кумаринов и гликозидов также определяли спектрофотометрическим методом при длине волны 272 нм и 360 нм соответственно [12]. Количественное определение дубильных веществ проводили путем окисления перманганатом калия в присутствии индигокармина по методу Левенталя-Нейбауера в модификации Курсанова [10].

Анализ противовирусной активности экстрактов растений-регенерантов *P. alba* в отношении вируса герпеса. Оценку противовирусной активности проводили в государственном научном центре вирусологии и биотехнологии «Вектор». Анализ противовирусной активности *in vitro* проводили по методу измерения поглощения клетками прижизненного красителя — нейтрального красного (НК) [13].

В результате последовательной непрерывной обработки образцов растворителями достигается более полное извлечение экстрактивных веществ. Суммарное содержание экстрактивных веществ в листьях интактных растений составляло 17,98%, в корневищах с корнями — 11,72%, в растениях-регенерантах — 22,93%, а в растениях, выращенных в гидропонных условиях, составило 31,86 (табл. 1).

Содержание экстрактивных веществ, извлеченных гексаном (липиды) составляло от 1,43% до 5,99%, экстракт окрашен светло-желтый цвет. Минимальную фракцию, извлекаемую хло-

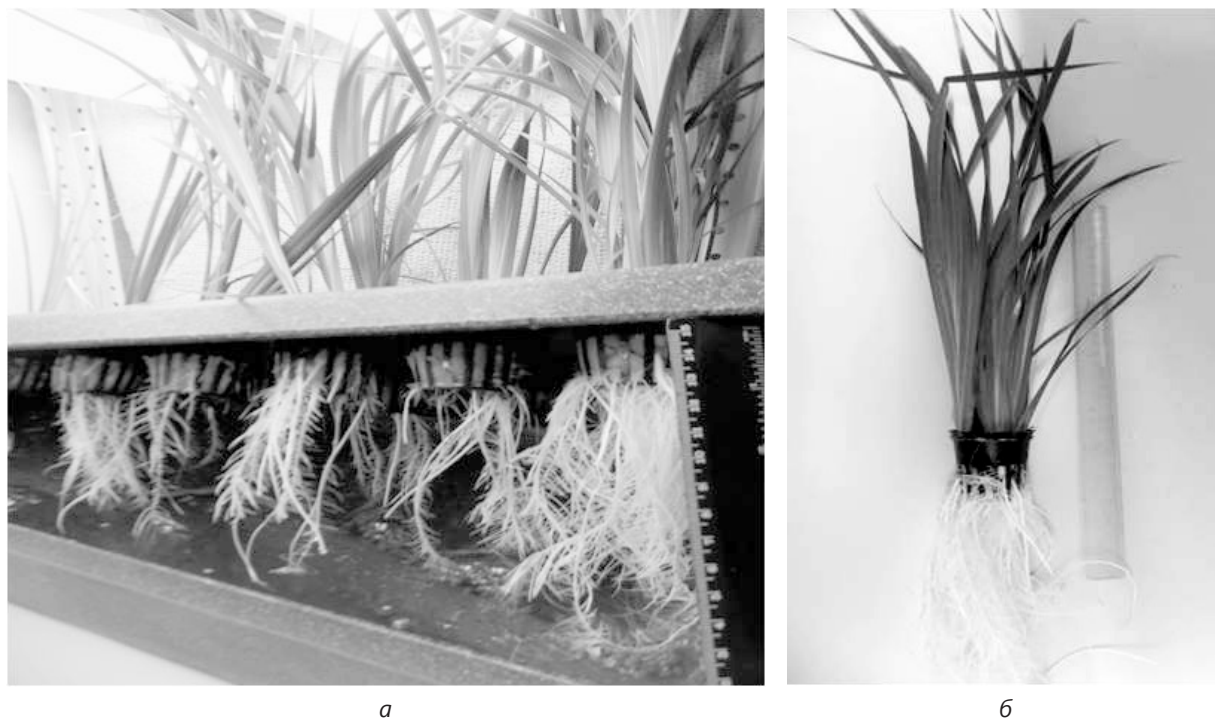


Рис. 1. Адаптация и выращивание растений-регенерантов *I. sibirica*: а — в гидропонной установке; б — растения-регенеранты через 3 месяца

Таблица 1

Содержание экстрактивных веществ *I. sibirica* сорт Стерх при последовательной экстракции, % на а. с. в

Растворитель	Традиционное сырьё		Биотехнологическое сырьё	
	листья	корневища с корнями	микрклональные	гидропонные (листья)
Гексан	5,99	1,43	4,18	4,77
Хлороформ	2,76	2,36	4,15	2,97;
95% этиловый спирт	4,11	3,78	6,07	13,75
Вода	5,12	4,15	5,14	10,37
Суммарное содержание	17,98	11,72	19, 54	31,86

роформом (агликоны сердечных гликозидов, основания большинства алкалоидов, сапогенины, флавоны, эфирные масла, жиры, воски, смолы) определяли в листьях и корневищах интактных растений. Содержание экстрактивных веществ, извлеченных 95%-м этанолом составляло от 3,78% до 13,75%. Спиртовые экстракты имели темно-зеленую окраску из листьев и темно-желтую из корневищ с корнями. Этанолом извлекаются полифенольные соединения, фенольные кислоты, флавоноиды, антоцианидины. Необходимо отметить, этанолом из растений-регенерантов извлекали в 1.47, а из листьев гидропонных растений в 3.34 раза больше экстрактивных веществ, чем из листьев интактных растений. Экстрактивных веществ, извлеченных водой (полисахариды, аминокислоты и дубильные вещества) из листьев гидропонных растений в нашем эксперименте в 2 раза больше, чем из листьев интактных растений.

Суммарное содержание экстрактивных веществ в биотехнологическом сырье *I. sibirica* в 1,77 раз больше, чем в традиционном.

В современной научной литературе приведены сведения о распространении вторичных метаболитов различных классов в видах рода *Iris*, извлеченных спиртами [13, 14]. Наряду с флавоноидами и изофлавоноидами, в этих растениях обнаружены С-гликозиды, ксантоны антоцианины и хиноны [15, 16, 17].

Наличие изофлавонов обнаруживали в корневищах или надземной части — одна из наиболее характерных особенностей видов рода *Iris*. В самых ранних отчетах был описан изофлавоном irigenin и его 7-глюкозид iridin в корневище *Iris florentina*. Их химическую структуру определил Бейкер (1928) [18]. С тех пор, irigenin и/или iridin были выделены у девяти видов: *I. germanica* L., *I. kamaonensis* Wall. Ex G. Don, *I. marsica* I. Ricci and Colas., *I. lutescens* Lam., *I. nepalensis* Wall., *I. pallida* Lam., *I. setina* Colas., *I. tingitana* Boiss. and Reut. и *I. unguicularis* Poir. В листьях *I. sibirica* отмечено наличие флавонолов [20].

Изучение количественного содержания некоторых групп веществ

Доказано превышение накопления флавоноидов у гидропонных растений *I. sibirica* сорт Стерх в 3 раза в сравнении с листьями интактных растений (табл. 2, 3).

Определение противовирусной активности экстрактов растительного сырья *I. sibirica* 'Cambridge'

Впервые определена биологическая активность экстрактов сырья *I. sibirica* сорт Cambridge в отношении вирусов.

В отношении вируса простого герпеса изучено действие экстрактов листьев и корневищ, извлеченных 96%, 70% этиловым спиртом и водой (табл. 4).

Как видно из табл. 4, наименьшей токсичностью обладали водный и спиртовой (96%) экстракты корневищ с корнями весеннего сбора (CD_{50} равен разведениям 1:40 и 1:60, соответствен-

но). Все исследованные экстракты проявили противовирусную активность в отношении вируса простого герпеса. Наибольшей активностью обладал спиртовой (96%) экстракт корневищ с корнями весеннего сбора, ED₅₀ равен разведению 1:3840, индекс селективности равен 64. Перспективным представляется также водный экстракт листьев осеннего сбора, индекс селективности равен 24.

Таблица 2

Результаты определения флавоноидов в растительном сырье
I. sibirica Сорт Cambridge, % на а. с. в

Сырьё	Дубильные вещества	Кумарины	Флавоноиды	Тритерпеновые гликозиды
Листья (весна)	2,96±0,29	0,93±0,07	5,74±0,06	0,90±0,05
Корневища с корнями (весна)	3,52±0,07	1,64±0,06	4,89±0,08	0,46±0,04
Листья (осень)	2,47±0,04	2,05±0,08	5,03±0,07	0,88±0,06
Корневища с корнями (осень)	3,49±0,05	3,59±0,08	4,54±0,06	0,42±0,04
Растения-регенеранты	2,82±0,06	1,37±0,06	5,64±0,09	0,73±0,05

Таблица 3

Количественное содержание групп биологически активных веществ
I. sibirica сорт Стерх, % на а. с. в

БАВ	Традиционное сырьё		Биотехнологическое сырьё	
	листья	корневища с корнями	микроклональные	Гидропонные (листья)
Флавоноиды	4,87±0,05	2,32±0,07	5,75±0,08	12,8±0,09
Кумарины	0,82±0,06	0,40±0,04	0,96±0,07	0,10±0,05
Дубильные	2,69±0,07	3,62±0,07	1,80±0,05	2,41±0,08
Тритерпеновые гликозиды	1,79±0,07	3,04±0,06	0,83±0,05	2,34±0,06

Таблица 4

Токсичность и противовирусная активность экстрактов растительного сырья *I. sibirica* сорт Cambridge

Сырьё для экстракции	Время сбора	Растворитель	Токсичность, CD ₅₀ (разведение экстракта)	Противовирусная активность, ED ₅₀ (разведение экстракта)	Индекс селективности, IS
Корневища с корнями	Весна	70% спирт	1:250	1:480	1,92
Листья	Весна	70% спирт	1:120	1:1600	13
Корневища с корнями	Весна	96% спирт	1:60	1:3840	64
Корневища с корнями	Весна	вода	1:40	1:320	8
Листья	Весна	вода	1:160	1:640	4
Листья	Осень	вода	1:80	1:1920	24

Таким образом, содержание вторичных метаболитов у *I. sibirica* не высоко, а возобновление биомассы происходит медленно. Поэтому перспективным считаем биотехнологический способ получения ценного растительного сырья. В биотехнологическом сырье экстрактивных веществ и флавоноидов накапливается значительно больше, чем в традиционном сырье. А дубильные вещества и тритерпеновые гликозиды содержатся на уровне интактных растений. Впервые определена биологическая активность экстрактов сырья *I. sibirica* в отношении вирусов.

Список литературы

1. Khan Mohamed Yassen, Saleh Aliabbas, Vimal Kumar, Shalini Rajkumar. Recent advances in medicinal plant biotechnology // *Indian Journal of Biotechnology*, 2009. Vol. 8. P. 9–22.
2. Tasheva K., Kosturkova G. Bulgarian golden root *in vitro* cultures for micropropagation and reintroduction // *Central European Journal of Biology*, 2010. Vol. 5. № 6. P. 853–863.
3. Решетников В. Н., Спиридович Е. В., Носов А. М. Биотехнология растений и перспективы ее развития // *Физиология растений и генетика*. — 2014. — Т. 46. — № 1. — С. 3–18.
4. Зарипова А. А. Введение в культуру *in vitro* шлемника байкальского // *Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета*. 2016. Т. 14. № 1. С. 94–98.
5. Тихомирова Л. И., Ильичёва Т. Н., Базарнова Н. Г., Сыроева А. В. Способ получения лекарственного растительного сырья лапчатки белой (*Potentilla alba* L.) в условиях гидропоники // *Химия растительного сырья*. 2016. № 3. С. 59–66.
6. Тахтаджан А. Л., Фёдорова А. А. Жизнь растений в 6-ти томах. Том 6: Цветковые растения. М., 1982. 543 с.
7. Асланянц Л. К., Маршавина З. В. Об эфирном масле, синтезируемом культурой ткани ириса *Iris sibirica* // *Прикладная биохимия и микробиология*. 1979. Т. 15. С. 769–774.
8. Асланянц Л. К., Маршавина З. В., Казарян А. Г. Продуктивность культуры клеток *Iris sibirica* L., выращенных на упрощенной питательной среде // *Раст. ресурсы*. 1988. Т. 24. С. 107–110.
9. Багдасарова З. М., Асланянц Л. К., Узунян Л. В. Биоконверсия терпеноидов культурой клеток ириса (*Iris sibirica*) // *Прикладная биохимия и микробиология*. 1988. Т. 24. С. 774–778.
10. Патент РФ № 2479992, МПК А01Н 4/00 Способ микрклонального размножения ириса сибирского (*I. sibirica* L.), / Тихомирова Л. И., Смирнов С. В., Куцев М. Г. Государственная фармакопея СССР. Общие методы анализа. М., 1987. Вып. 1. 335 с.
11. Музычкина Р. А. Корулькин Д. Ю., Абилов Ж. А. Технология производства и анализ фитопрепаратов. Алматы, 2011, с. 360
12. Finter N. B. Dye uptake methods for assessing viral cytopathogenicity and their application to interferon assays // *J. Gen. Virol.* 1969. № 5. P. 419–427.
13. Kassak P. Secondary metabolites of the chosen genus *Iris species* / *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2012. V. 60. № 8. P. 269–280.
14. Kukula-Koch W., Sieniawska E., Widelski J., Urjin O., Głowniak P., Skalicka-Wozniak K. Major secondary metabolites of *Iris* spp. / *Phytochemistry Reviews*. 2015. V. 14. № 1. P. 51–80.
15. Hostettmann K., Hostettmann M., — Xanthones. In: *Methods in Plant Biochemistry: 1. Plant Phenolics* / J. B. Harborne, ed. London: Academic Press — 1989. P. 493–508.
16. Bate-Smith E. C., Harborne J. B. Mangiferin and other glycophenolics in *Iris* species / *Nature*. 1963. № 198. P. 1307–1308.
17. Williams C. A., Harborne J. B., Biflavonoids, quinones and xanthones as rare chemical markers in the family *Iridaceae* / *Naturforsch.* 1985. V. 40 c. P. 325–330.
18. Baker W. The constitution of Iridenin and iridin / *Journal of the Chemical Society*. 1928. P. 1022–1026.
19. Harborne J. B., Williams C. A. The phytochemical richness of the *Iridaceae* and its systematic significance / *Annali di botanica*. 2000. V. LVIII P. 43–50.
20. Седелникова Л. Л., Кукушкина Т. А. Содержание запасных и биологически активных веществ в вегетативных органах *Iris sibirica* L. (*Iridaceae*). Ученые записки ЗабГУ. 2016. Т. 11. № 1. С. 123–128.

Оценка представителей рода *Syringa* L. с выявлением таксонов, обладающих высокой продуктивностью сирингина и антиоксидантной активностью

**Спиридович Е. В., Шабуня П. С., Башилов А. В.,
Зубарев А. В., Решетников В. Н.**

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e.spiridovich@cbg.org.by

Резюме. Проведена экстракция сирингина из коры 21 представителя рода *Syringa* L. (2015 (для некоторых) и 2016 годов сбора), его количество проанализировано с помощью HPLC-хроматографии. Максимальное количество действующего вещества выявлено для *Syringa oblata* Lindl., *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb. f. и *Syringa vulgaris* L. С помощью набора реагентов «ФитХем» определена антиоксидантная активность. Наибольшая активность установлена для *Syringa villosa* Vahl. и *Syringa oblata* Lindl. Полученные данные позволили выявить наиболее ценные представители рода *Syringa* L. в качестве источника сирингина.

Evaluation of the representatives of the genus *Syringa* L. for the the identification of taxa with high productivity of syringin and antioxidant activity. Spiridovich E. V., Shabunya P. S., Bashilov A. V., Zubarev A. V., Reshetnikov V. N. **Summary.** Syringin extraction from the cortex of 21 representatives of the genus *Syringa* L. (2015 (for some) and 2016 years of collection) was carried out, its amount was analyzed by HPLC chromatography. The maximum amount of active substance is revealed for *Syringa oblata* Lindl., *Syringa josikaea* J. Jacq. Ex Rchb. f. and *Syringa vulgaris* L. The antioxidant activity was determined using the Fit Chem reagent kit. The greatest activity was established for *Syringa villosa* Vahl. and *Syringa oblata* Lindl. The obtained data made it possible to identify the most valuable representatives of the genus *Syringa* L. as a source of syringin.

Введение

Коллекция представителей рода *Syringa* L. в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси (далее — ЦБС) по видовому, сортовому и гибриднему разнообразию составляет более 250 таксонов, а видовая коллекция представлена 35 таксонами. Возраст растений в среднем 40–50 лет. Всего род включает в себя около четырех десятков видов, распространенных по всей Евразии и подразделяется на 2 подрода: сирени и лигустрина. Подрод сирени состоит из четырех серий: пушистые, волосистые, перистолистные и настоящие сирени [1–5].

Кроме высокой декоративности, род *Syringa* L. — является хозяйственно-ценным [2, 6–9]. Древесина некоторых видов используется в строительстве и для изготовления мебели. Фитохимические исследования представителей рода позволили выявить наличие более чем 140 вторичных метаболитов, в том числе иридоидов, лигнанов, фенилпропаноидов, незначительное количество органических кислот и эфирных масел. Лекарственным сырьем является кора стволов и ветвей, листья, соцветия. Из коры сиреней выделены различные вещества фенольной природы. Одним из преобладающих является фенилпропаноид сирингин, который характеризуется антибактериальным, жаропонижающим и противовирусным действиями [10–16].

Растущие потребности фармацевтического рынка, связанные с необходимостью разработки новых лекарственных препаратов, создали предпосылки для изучения химического состава растительного сырья, в том числе и представителей рода *Syringa* L. Детальные исследования показали, что в данном природном источнике обнаруживается ряд фенольных соединений, многие из которых находятся в гликозилированной форме. Наиболее известным из них является сирингин. Относительно недавно было показано, что сирингин обладает иммуномодулирующими, противоаллергическими и противовоспалительными свойствами [14]. Из доступных литературных источников следует, что кора сирени является важным источником биологически активных соединений. Однако информация по количественному содержанию данных веществ, в частности сирингина, у различных представителей рода *Syringa* L. произрастающих на территории Беларуси, в частности на территории ЦБС недостаточно полна.

Цель работы — проведение оценки представителей рода *Syringa* L. с выявлением таксонов обладающих высокой продуктивностью сирингина и антиоксидантной активностью.

Материалы и методы исследований

Сбор растительного сырья проводили в первой половине дня, в сухую погоду. Все растения произрастали на территории ЦБС. Отбор растительного сырья проводили от здоровых, хорошо развитых, не поврежденных насекомыми и микроорганизмами растений. Для исследования брали кору с двухлетних побегов, диаметр которых составлял от 5 до 15 мм.

Сушку растительного сырья проводили воздушно-теневым способом, в хорошо вентилируемых помещениях, без доступа прямых солнечных лучей. Растительный материал, раскладывали тонким слоем и регулярно переворачивали. Сушка считалась законченной при содержании в сырье 10–15% гигроскопической влаги.

Приведение растительного материала в стандартное состояние достигалось очисткой материала от некондиционных частей и посторонних примесей. Все операции осуществлялись на сортировочном столе в помещении снабженном вытяжной вентиляцией.

Отбор средней пробы для экспериментов позволил получить небольшое количество исходного сырья в котором количество всех компонентов адекватно соотношению их во всей анализируемой массе растительного материала.

Экстракция растительного материала. Для экстракции использовали листья и кору. Сырье измельчали и просеивали через сито. Полученный материал хранили в закрытых стеклянных емкостях. 1 г растительного сырья помещали в колбу объемом 150 мл и прибавляли 10 мл 70% спирта, после чего колбу присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 мин. Полученные экстракты охлаждали до комнатной температуры, фильтровали, доводили объем фильтрата 70%-ым спиртом до 25 мл и хранили при 4°C без доступа света.

HPLC-хроматография. Для анализа был использован хроматограф «Agilent 1200» с диодно-матричным детектором. Разделение компонентов проб проводили на колонке «ZORBAXEclipseXDBC18» (4,6×50 мм; 1,8 мкм) при температуре +30°C. Температура в автосамплере составляла +15°C, объем инъекции — 2 мкл. Детекция при длине волны 270 нм. В качестве подвижной фазы А использовали 0,15 об.% раствор уксусной кислоты в деионизованной воде; подвижной фазы В — 100% ацетонитрил. Скорость потока — 0,5 мл/мин. Был использован градиентный режим элюирования при изменении фазы В от 5% до 80% в течение 15 минут.

Для построения калибровочной кривой был использован стандарт сирингина (EleutherosideB, Fluka 90974–10 mg, ≥98%). Растворы сравнения готовили путем последовательного разведения сток-раствора стандарта метанолом. Сток-раствор готовили в концентрации 1 мг/мл в метаноле. Диапазон использованной калибровки составил от 0,1 до 1 мг/мл. Линейность методики в данных диапазонах концентраций подтверждается полученным коэффициентом корреляции (более 0,99).

Антиоксидантную активность (далее — АОА) определяли с помощью набора реагентов «ФитХем» по количественному определению АОА фитопрепаратов, биокорректоров и лекарственного растительного сырья.

Состав набора: А1 — фосфатный буфер, 50 ммоль/л, рН 7,4, жидкий препарат, 1 флакон, 50 мл; А2 — метмиоглобин в конечной концентрации 2,8 мкмоль/л, 5 флаконов;

А3 — АБТС ((2,2-азино — бис — [3-этилбенз-тиазолин-6 — сульфокислоты]-диаммонийная соль) в конечной концентрации 546 мкмоль/л, 5 флаконов; А4 — пероксид водорода в конечной концентрации 8,8 ммоль/л, жидкий препарат, 1 флакон, 2 мл; А5 — стандарт (6-гидрокси — 2,5,7,8-тетраметилхроман — 2-карбоновая кислота) концентрация зависит от лота, указана на упаковке, твердое вещество, 5 флаконов. Один набор рассчитан на 50 определений при использовании кюветы с длиной оптического пути 0,5 см. Перед использованием выдерживали компоненты набора при температуре (18–25°C) в течение 30 мин.

Приготовление растворов: буфер (А1) — готов к использованию. Стабилен в течение срока, указанного на этикетке при 2–8°C. Миоглобин (А2) — растворяли содержимое одного флакона (А2) в 5 мл буфера (А1) (стабилен 2 дня при 2–8°C или 8 часов при 15–25°C. АБТС (А3) — растворяли содержимое одного флакона (А3) в 5 мл буфера (А1) (стабилен 2 дня при 2–8°C или 8 часов при 15–25°C). Количественно переносили содержимое флакона А3 во флакон А2 и осторожно перемешивали (обозначили флакон как «хромоген»). Субстрат (А4) — разбавляли в 1 мл субстрата (А4) 9 мл буфера (А1) (стабилен 24 ч или (неразведенный) в течение срока указанного на этикетке при 2–8°C). Стандарт (А5) — растворяли содержимое одного флакона стандарта (А5) в 0,5 мл буфера (А1) (стабилен 2 дня при 2–8°C или 1 месяц при –20°C).

Подготовка пробы: исследуемые пробы водно-этанольных вытяжек растительного сырья не требуют специальной подготовки. Пробы с высокой АОА (вызывающие понижение оптической плотности раствора более чем на 75% в течение времени проведения измерений по сравнению с оптической плотностью контроля) разбавляли дистиллированной водой. Реагенты вносили в пробирки в соответствии с табл. 1.

Таблица 1
Схема анализа АОА

Длина волны	600–735 нм
Температура	37°C
Кювета	Длина оптического пути 0,5 см
Измерение	В кювете сравнения дистиллированная вода

Содержимое пробирки «Контроль» перемешивали и переносили в спектрофотометрическую кювету, инкубировали в течение 5 минут и измеряли начальную оптическую плотность раствора (А1 контроль) в соответствии с условиями, приведенными в табл. 1. Добавляли 0,3 мл приготовленного субстрата (А4), быстро перемешивали и точно через 3 мин повторно измеряли оптическую плотность раствора (А2 контроль).

Содержимое пробирки «Стандарт» перемешивали и переносили в спектрофотометрическую кювету, инкубировали в течение 5 минут и измеряли начальную оптическую плотность раствора (А1 стандарт). Затем добавляли 0,3 мл приготовленного субстрата (А4), быстро перемешивали и через 3 мин измеряли оптическую плотность раствора (А2 стандарт).

Содержимое пробирки «Проба» № 1 перемешивали и переносили в спектрофотометрическую кювету, инкубировали в течение 5 минут и измеряли начальную оптическую плотность раствора (А1 проба). Затем добавляли 0,3 мл приготовленного субстрата (А4), перемешивали и точно через 3 мин измеряли оптическую плотность раствора (А2 проба).

Содержимое пробирки «Проба» № 2 перемешивали и переносили в спектрофотометрическую кювету, инкубировали в течение 5 минут и измеряли начальную оптическую плотность

раствора (А1 проба). Затем добавляли 0,3 мл приготовленного субстрата (А4), быстро перемешивали и точно через 3 мин измеряли оптическую плотность раствора (А2 проба).

Содержимое пробирки «Проба» № 3 перемешивали и переносили в спектрофотометрическую кювету, инкубировали в течение 5 минут и измеряли начальную оптическую плотность раствора (А1 проба). Затем добавляли 0,3 мл приготовленного субстрата (А4), быстро перемешивали и точно через 3 мин измеряли оптическую плотность раствора (А2 проба).

Определение АОА: для каждого из образцов (контроль, стандарт, проба) вычисляли значение:

$$A2 - A1 = \Delta A$$

Общее содержание антиоксиданта в пробе рассчитывали по формуле:

$$[\text{антиоксидант}] \text{ ммоль/л} = \text{Фактор} \times (\Delta A_{\text{контроль}} - \Delta A_{\text{пробы}}),$$

где:

$$\text{фактор} = [\text{Стандарта}] / (\Delta A_{\text{контроль}} - \Delta A_{\text{стандарта}})$$

Рассчитывали среднее арифметическое значение для всех проб исследуемого образца.

Все анализы проводились в четырёхкратной повторности, полученные результаты обрабатывались с использованием компьютерной программы «Statistica 6.0», данные считали достоверными при $P < 0,05$. Величины расхождения между исследуемыми данными в выборке и генеральной совокупности рассчитывали с использованием статистической ошибки для среднего.

Результаты и их обсуждение

Первоначально была подобрана методика экстракции сирингина из коры сирени, которая основана на использовании водно-этанольного экстрагента с целью увеличения выхода сирингина. Для удаления пигментов и других липофильных соединений экстракты дополнительно обрабатывали гексаном. На основе данного метода проведено извлечение действующего вещества из коры 21 представителя рода *Syringa* L. (2015 (для некоторых) и 2016 годов сбора), а его количество проанализировано с помощью HPLC-хроматографии. Полученные данные представлены в табл. 2.

Хроматографический анализ образцов коры сирени показал, что содержание сирингина в них колеблется в пределах от 0,019 до 0,727 мг/мл водно-этанольного экстракта (авторы намеренно представляют содержание сирингина в мг/мл экстракта, так как именно водно-этанольная вытяжка будет использоваться для практического применения и определения АОА). Все изученные образцы можно разделить на три класса. К первому относятся экстракты с содержанием сирингина выше 0,400 мг/мл, а именно: *Syringa oblata* Lindl., *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb. f. и *Syringa vulgaris* L. При этом последний показал за 2016 год наибольший выход действующего вещества — 0,727 мг/мл (табл. 2).

Ко второму классу можно отнести образцы с колебанием сирингина в галеновом препарате ниже 0,400, но выше 0,100 мг/мл. Сюда можно отнести 14 изученных таксонов, что составляет основную долю от всех изученных растений. При этом максимальное и минимально содержание действующего вещества зафиксировано для таксонов *Syringa villosa* Vahl. разного географического происхождения.

Для третьего класса уровень биологически активного вещества составляет 0,99 мг/мл и ниже. Сюда можно отнести 4 изученных таксона, два из которых относятся к *Syringa reticulata* subsp. *pekinensis* (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang.

Проведенные исследования позволили выявить наиболее перспективные источники биологически активного фенольного гликозида сирингина среди различных представителей рода *Syringa* L., произрастающих на территории ЦБС. Очевидно, что проведение селекционных работ, направленных на повышение содержания сирингина, целесообразно выполнять, используя *Syringa oblata* Lindl., *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb. f. и *Syringa vulgaris* L. в качестве исходного материала.

Таблица 2

АОА и содержание сирингина в экстрактах коры представителей рода *Syringa* L.

Наименование таксона, страна происхождения	Сирингин, мг/мл		АОА, ед. (в пересчете на 0.95 мМ Trolox, ml экстракта)	
	2015	2016	2015	2016
<i>Syringa vulgaris</i> L. Сирень обыкновенная (неизвест. 1937)	–	0,727	456,8	321,4
<i>Syringa oblata</i> Lindl. Сирень широколистная (Казахстан, 1963)	0,421	0,451	860,5	742,3
<i>Syringa josikaea</i> J. Jacq. ex Rchb. f. Сирень венгерская (Россия, 1948)	–	0,406	446,8	655,7
<i>Syringa villosa</i> Vahl. Сирень волосистая (Финлянд., 1950)	0,377	0,344	1071,5	832,7
<i>Syringa reticulata</i> (Blume) H. Nara. Сирень сетчатая (неизвест.)	0,219	0,338	306,5	423,6
<i>Syringa tomentella</i> subsp. <i>yunnanensis</i> (Franch.) Jin Y. Chen & D. Y. Hong. Сирень юньнаньская (Нидерланды, 1951)	0,240	0,319	262,0	181,4
<i>Syringa vulgaris</i> L. Сирень обыкновенная (неизвест.)	–	0,268	386,8	478,6
<i>Syringa josikaea</i> J. Jacq. ex Rchb. f. Сирень венгерская (Россия, 1950)	0,165	0,290	358,3	542,6
<i>Syringa villosa</i> subsp. <i>Wolfii</i> (C. K. Schneid.) Jin Y. Chen & D. Y. Hong. Сирень Вольфа (Россия, 1951)	0,244	0,183	312,4	292,5
<i>Syringa emodi</i> Wall. ex Royle. Сирень гималайская (Румыния, 1936)	0,260	0,166	363,8	282,6
<i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>amurensis</i> (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang. Сирень амурская (Италия, 1935)	0,257	0,131	367,3	256,3
<i>Syringa josikaea</i> J. Jacq. ex Rchb. f. Сирень венгерская (Россия, 1986)	0,188	0,175	261,8	318,7
<i>Syringa villosa</i> Vahl. Сирень волосистая (неизвест., 1935)	0,121	0,252	365,3	283,9
<i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>amurensis</i> (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang. Сирень амурская (Венгрия, 1937)	–	0,218	285,5	235,5
<i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>amurensis</i> (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang. Сирень амурская (Украина, 1951)	–	0,218	491,3	373,7
<i>Syringa pubescens</i> Turcz. Сирень пушистая (неизвест.)	–	0,198	252,5	421,5
<i>Syringa tomentella</i> subsp. <i>sweginzowii</i> (Koehe&Lingelsh.) Jin Y. Chen&D. Y. Hong. Сирень Звегинцова (Польша, 1938)	–	0,129	281,1	314,7
<i>Syringa komarowii</i> C. K. Schneid. Сирень Комарова (Россия, 1957)	0,045	0,046	489,3	362,6
<i>Syringa tomentella</i> Bureau&Franch. Сирень тонковолосистая (неизвестно, 1936)	0,019	0,035	433,8	516,7
<i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>pekinensis</i> (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang. Сирень пекинская (неизвест.)	0,046	0,058	310,2	652,4
<i>Syringa reticulata</i> subsp. <i>pekinensis</i> (Rupr.) P. S. Green & M. C. Chang. Сирень пекинская (неизвест.)	0,034	0,049	288,3	314,6

Следующим этапом работы, было исследование антиоксидантной активности водно-этанольных экстрактов из коры 21 таксона сирени (2015 (для некоторых) и 2016 годов сбора) (табл. 2). АОА определяли с помощью набора реагентов «ФитХем». Принцип работы набора состоит в следующем: АБТС (2,2-азино-бис — [3-этилбенз-тиазолин-6 — сульфокислоты]-диаммонийная соль) инкубируют с метмиоглобином и H_2O_2 до образования радикала АБТСR⁺. Получаемый раствор имеет достаточно стабильный зелено-голубой цвет, оптическая плотность которого детектируется при 730 нм. Антиоксиданты, содержащиеся в тестируемой пробе, подавляют развитие окраски пропорционально их концентрации в образце.

Изученные образцы можно разделить на две группы в зависимости от АОА. Так к первой группе можно отнести *Syringa villosa* Vahl. и *Syringa oblata* Lindl. активность экстрактов которых составила более 700 ед. Водно-этанольные вытяжки второй группы показали снижение АОА более чем на 50% по отношению к первой группе (табл. 2).

Попытка выявить зависимость между АОА и количественным содержанием сирингина в водно-этанольных экстрактах представителей рода *Syringa* L. не дала положительного результата, т. к. в пределах данной выборки использовали более 10 уравнений модели для которых был получен коэффициент аппроксимации менее 0,2, что свидетельствует об отсутствии корреляции между содержанием сирингина и АОА. Отсутствие данной зависимости, предположительно, связано с тем, что АОА водно-этанольных экстрактов формируется не только сирингином, а всем пулом фенольных соединений перешедших из коры в жидкую фазу.

Выводы

Проведена экстракция сирингина из коры 21 представителя рода *Syringa* L. (2015 (для некоторых) и 2016 годов сбора), а его количество проанализировано с помощью HPLC-хроматографии. Хроматографический анализ образцов коры сирени показал, что содержание сирингина в них колеблется в пределах от 0,019 до 0,727 мг/мл водно-этанольного экстракта.

Проведенные исследования позволили выявить наиболее перспективные источники биологически активного фенольного гликозида сирингина среди различных представителей рода *Syringa* L., произрастающих на территории ЦБС. Очевидно, что проведение селекционных работ, направленных на повышение содержания сирингина, целесообразно выполнять, используя *Syringa oblata* Lindl., *Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb. f. и *Syringa vulgaris* L. в качестве исходного материала.

С помощью набора реагентов «ФитХем» определена АОА21 экстракта. Изученные образцы можно разделить на две группы в зависимости от АОА. Так к первой группе относятся *Syringa villosa* Vahl. и *Syringa oblata* Lindl. активность которых составила более 700 ед. Водно-этанольные вытяжки остальных таксонов показали снижение АОА более чем на 50% по отношению к первой группе.

Попытка выявить зависимость между АОА и количественным содержанием сирингина в водно-этанольных экстрактах представителей рода *Syringa* L. не дала положительного результата. Предположительно это связано с тем, что АОА водно-этанольных экстрактов формируется не только сирингином но и всем пулом фенольных соединений перешедших из коры в жидкую фазу.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории интродукции древесных растений ЦБС: к. б. н., доценту И. М. Гарановичу, С. Е. Булыко и В. Г. Гринкевичу за предоставленный растительный материал сиреней и помощь в таксономической оценке.

Список литературы

1. Васильев, В. Н. Сирень/ В. Н. Васильев// Флора СССР — М.; Л., 1952. — Т. 18. — С. 502–510.
2. Сааков, С. Г. Род сирень/ С. Г. Сааков// Деревья и кустарники СССР — М.; Л., 1960. — Т. 5. — С. 435–458.
3. Деревья и кустарники, розы и сирень. Краткие итоги интродукции/ В. Ф. Бибилова [и др.]; ред. Н. В. Смольский. — Минск: Наука и техника, 1968. — 384 с.
4. Обогащение, сохранение и изучение генофонда сирени в ЦБС НАН Беларуси/ В. Н. Решетников [и др.]// Современные направления деятельности ботанических садов и держателей ботанических коллекций по сохранению биоразнообразия растительного мира: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 27–29 сент. 2005 г./ Нац. акад. наук Беларуси, Центр. ботан. сад; редкол.: В. Н. Решетников (гл. ред.) [и др.]. — Минск, 2005. — С. 250–254.
5. Сохранение и изучение генофонда сирени в ЦБС НАН Беларуси/ В. Н. Решетников [и др.]// Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. тр./ Ин-т леса НАН Беларуси. — Гомель, 2007. — Вып. 67. — С. 238–245.
6. Лунева, З. С. Сирень/ З. С. Лунева, Н. Л. Михайлов, Е. А. Судакова. — М.: Агропромиздат, 1989. — 256 с.
7. Белорусец, Е. Ш. Сирень/ Е. Ш. Белорусец, В. К. Горб. — Киев: Урожай, 1990. — 176 с.
8. Fiala, J. L. Lilacs: a gardener's encyclopedia/ J. L. Fiala, F. Vrugtman. — 2 nd ed. — Portland: Timber Press, 2008. — 416 p.
9. Vrugtman, F. The garden lilac/ F. Vrugtman// The Gardens Bull. — 1973. — Vol. 27, № 1. — 6 p.
10. Куркин, В. А. Флавоноиды и маннитозиды листьев *Syringa vulgaris*/ В. А. Куркин, Г. Г. Запесочная, П. Е. Кривенчук// Химия природ. соединений. — 1980. — № 3. — С. 418–419.
11. Куркин, В. А. Лигнаны из коры *Syringa vulgaris*/ В. А. Куркин, Н. А. Гриненко, Г. Г. Запесочная// Химия природ. соединений. — 1991. — № 6. — С. 768–771.
12. Фенольные соединения коры *Syringa vulgaris*/ В. А. Куркин [и др.]// Химия природ. соединений. — 1989. — № 4. — С. 581–582.
13. Фенольные соединения коры из *Syringa amurensis*/ В. А. Куркин [и др.]// Химия природ. соединений. — 1992. — № 5. — С. 583–585.
14. Хроматографическое определение сирингина в коре сирени различной видовой принадлежности/ В. С. Подберезкин [и др.]// Тр. Белорус. гос. ун-та. Сер. Физиол., биохим. и молекуляр. основы функционирования биосистем. — 2010. — Т. 5, ч. 2. — С. 34–39.
15. Phytochemical and pharmacological progress on the genus *Syringa*/ G. Su [et al.]// Chemistry Centr. J. — 2015. — Vol. 9, № 1. — P. 1–12.
16. Inouye, H. On the monoterpeneglucoside and related natural matter. xix. on the structure of nuzhenide, a bitter tasting glucoside from *Ligustrum lucidum* as well as *Ligustrum japonicum*/ H. Inouye, T. Nishioka// Tetrahedron. — 1972. — Vol. 28, № 15. — P. 4231–4237.
17. Phylogenetics and Diversification of *Syringa* Inferred from Nuclear and Plastid DNA Sequences/ Li Jianhua [et al.]// Castanea. — 2012. — Vol. 77, № 1. — P. 82–88.

Комплексный анализ растительного сырья *Potentilla alba* L., полученного на основе биотехнологии

**Сысоева А. В., Тихомирова Л. И.,
Базарнова Н. Г., Ильичёва Т. Н.**

Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия, sasha.s1994@mail.ru

Резюме. Проведён фитохимический анализ нетрадиционного возобновляемого сырья *P. alba*, выращенного на основе разработанной биотехнологии. По содержанию экстрактивных веществ и основных групп биологически активных веществ, а также по элементному составу биотехнологическое сырьё не уступает традиционному. А по некоторым показателям превосходит. Установлено, что интактные растения и растения-регенеранты проявляют сопоставимую биологическую активность в отношении вируса герпеса.

Complex analysis of vegetable *Potentilla alba* L raw materials., received on the basis of biotechnology. Sysoyeva A. V., Tikhomirova L. I., Bazarnova N. G., Ilyicheva T. N. **Summary.** Carried out phytochemical analysis of unconventional renewable raw materials *P. alba* grown on the basis of the developed biotechnology. The content of extractives and major groups of biologically active substances, as well as the elemental composition of biotechnological raw materials is not inferior to the traditional. And according to some indicators exceeds. It is established that the intact plant and the regenerants show comparable biological activity against herpes virus.

Potentilla alba L. (лапчатка белая) — многолетнее растений из семейства *Rosaceae* имеет толстое маловетвистое, длинное, бурое корневище. Укороченные многолетние вегетативные и однолетние генеративные побеги образуют прикорневую розетку. По внешнему виду лапчатка белая похожа на земляничный куст. Листовая пластинка пальчато-рассеченная.

Каждый лист ее, поднимающийся на длинном черешке из прикорневой розетки, состоит из пяти продолговатых листочков и напоминает руку с растопыренными пальцами — отсюда и местные названия растения: перстач, пятипал, пятиперстень, пятипальник. Растет лапчатка в смешанных лесах Полесья и украинской лесостепи, изредка заходит на целинные степи; зарослей не образует — лишь изредка можно встретить по два-три растения на квадратный метр, а в большинстве случаев единичные экземпляры [1].

Подземная часть *Potentilla alba* L. (корневища с корнями) содержит углеводы (главным образом крахмал), иридоиды, сапонины, фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды (кверцетин), дубильные вещества (галлотанин) до 17% (максимум в фазу цветения). Надземная часть содержит иридоиды, сапонины, фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды (рутин), дубильные вещества до 6%. В листьях обнаружены фенолкарбоновые кислоты и их производные (кумаровая и эллаговая кислоты), флавоноиды (кверцетин, кемпферол, цианидин) [2].

Изучение фармакологической активности показало, что экстрактивные вещества *P. alba* являются практически нетоксичными. При оральном введении извлечения из надземной части растения происходит стимулирование центральной нервной системы, а извлечения из подземной — усиливают диурез. Известно также, что *P. alba* проявляет антибактериальную активность,

способствует рассасыванию мягких опухолей, узловых образований, улучшает структуру волос и ногтей. Водный экстракт из *P. alba* используют при диарее, желудочно-кишечных коликах, как вяжущее и гемостатическое средство [3]. Особое значение приобретает использование *P. alba* в зонах с особым социально-экономическим статусом («чернобыльская» и т. п.) с целью выведения из организма радионуклидов, а также в районах с йодной недостаточностью [3, 4].

Для получения возобновляемого сырья *P. alba* разработана технология микроклонального размножения и выращивания в условиях гидропоники. [5, 6], (рис.).

Целью данного исследования являлось изучение элементного и химического состава, а также определение биологической активности сырья *P. alba*, полученного на основе биотехнологии.

Исследованы образцы нетрадиционного сырья, выращенного в лаборатории биотехнологии растений Южно-Сибирского ботанического сада Алтайского государственного университета (растения-регенеранты). В качестве традиционного сырья использовали растительный материал, предоставленный ЗАО «Эвалар» (интактные растения).

Количественное содержание кумаринов, гликозидов и флавоноидов определяли спектрофотометрическим методом при длине волны 272 нм, 360 нм и 430 нм соответственно. Количественное определение дубильных веществ проводили путем окисления перманганатом калия в присутствии индигокармина по методу Левенталья-Нейбауера в модификации Курсанова [7–11].

Анализ противовирусной активности экстрактов растений-регенерантов *P. alba* в отношении вируса герпеса. Оценку противовирусной активности проводили в государственном научном центре вирусологии и биотехнологии «Вектор». Анализ противовирусной активности *in vitro* проводили по методу измерения поглощения клетками прижизненного красителя — нейтрального красного (НК) [12].

Воздушно-сухие образцы надземной биомассы, корней и корневищ *P. alba* анализировали на содержание золы, влаги и высокомолекулярных компонентов (табл. 1).

Наличие макро — и микроэлементов в лекарственном растительном сырье характеризует его качество. Количество золы в лекарственном сырье обычно колеблется в широких пределах и зависит от многих факторов, в том числе от способа сбора и условий сушки. Как показано авторами [14] содержание общей золы в корнях и корневищах трехлетних образцов *P. alba* выше (5,8%), чем четырехлетних (5,0%). Образцы интактных растений, изучаемые нами, мало отличаются по содержанию золы от описанных в литературе. Автор [2] указывает на то, что в подземной части растений обнаруживают больше минеральных веществ, чем в надземной, кроме того накопление некоторых минеральных веществ связано с периодами вегетации и максимально в фазу цветения. Таким образом, низкие значения содержания зольных веществ в образцах растений-регенерантов связаны с незначительным возрастом этих растений (3 месяца) и вегетативным развитием до цветения.



Рис. а — получение растительного сырья *P. alba* в условиях гидропоники; б — растение-регенеранты при выращивании в установке «Минивит» в течение 3 месяцев

Таблица 1

Макрокомпонентный состав *P. alba* (в пересчете на а. с. в.)

Исходное сырье	Зольность, %	Влажность, %	Целлюлоза, %	Лигнин, %
корни и корневища (интактные растения)	5,1±0,2	8,5±0,1	15,4±0,4	40,7±0,3
корни (растения-регенеранты)	3,2±0,1	8,1±0,1	4,3±0,2	37,0±0,3
листья (растения-регенеранты)	2,3±0,1	5,1±0,2	2,5±0,3	36,8±0,1

В результате последовательной непрерывной обработки образцов растворителями достигается более полное извлечение экстрактивных веществ. Суммарное содержание экстрактивных веществ в корнях и корневищах интактных растений составляет 15,3%, в корнях растений-регенерантов — 11,2%, в листьях растений-регенерантов — 5,1%, что не противоречит известным данным [2].

Таблица 2

Содержание экстрактивных веществ *P. alba* при последовательной экстракции (в пересчете на а. с. в.)

Растворитель	В корнях и корневищах интактных растений, %	В корнях растений-регенерантов, %	В листьях растений-регенерантов, %
Гексан	1,7±0,1	0,9±0,1	0,3±0,2
96% раствор этанола	5,6±0,2	4,4±0,4	2,5±0,2
40% раствор этанола	5,2±0,2	4,2±0,2	1,7±0,3
вода	1,9±0,3	1,0±0,2	0,3±0,2
1% раствор NaOH	0,9±0,2	0,7±0,1	0,3±0,1
общее содержание	15,3	11,2	5,1

Результаты количественного определения биологически активных веществ в корнях интактных растений и листьях растений — регенерантов представлены в табл. 3. В наших исследованиях в листьях биотехнологически размноженных и выращенных растений *P. alba* содержание флавоноидов составляло 7,39% на абсолютно сухой вес, что в 3,3 раза больше, чем в данных литературы [2]. Содержание дубильных веществ у растений-регенерантов отмечали 6,37%, а при дорастивании в условиях гидропоники этот показатель снижался в 2 раза до 3,15%. Содержание кумаринов и тритерпеновых гликозидов в надземной части биотехнологических растений нами определено 1,86% и 0,14% соответственно.

Таблица 3

Содержание некоторых групп биологически активных веществ в корнях и корневищах интактных растений и в растениях — регенерантах лапчатки белой (*P. alba*)

БАВ	В корнях и корневищах интактных растений, %	В растениях-регенерантах, %
Гликозиды	1,072±0,008	0,876±0,012
Дубильные вещества	8,691±0,093	6,377±0,124
Кумарины	0,226±0,047	1,081±0,178
Флавоноиды	1,436±0,117	2,752±0,183

Значительную противовирусную активность проявили водные экстракты *P. alba*. При невысокой токсичности и интактные растения, и растения-регенеранты имели относительно вы-

сокий индекс селективности: 85 и 64, соответственно. Спиртовые экстракты этих растений обладали слабой противовирусной активностью (ED_{50} равен разведению 1:160), и, несмотря на слабую токсичность ($CD_{50} > 1:40$), имели очень низкий индекс селективности (> 4). Особо следует отметить, что данные, полученные для интактных растений и растений регенерантов сопоставимы: все показатели отличаются не более чем в 2 раза, что не превышает ошибку метода (табл. 4).

Таблица 4

Токсичность и противовирусная активность экстрактов растительного сырья *P. alba*, разного способа получения (корни и корневища)

Сырье для экстракции	Растворитель	Токсичность, CD_{50} (разведение экстракта)	Противовирусная активность, ED_{50} (разведение экстракта)	Индекс селективности, IS
интактные растения	вода	1:120	1:10240	85
растения-регенеранты	вода	1: 80	1:5120	64
интактные растения	96% этиловый спирт	$> 1:40$	1:160	> 4
растения-регенеранты	96% этиловый спирт	$> 1:40$	1:160	> 4

Таким образом, нами проведён фитохимический анализ нетрадиционного возобновляемого сырья *P. alba*, выращенного на основе разработанной биотехнологии. Полученные данные свидетельствуют о том, что по содержанию экстрактивных веществ и основных групп биологически активных веществ, а также по элементному составу биотехнологическое сырьё не уступает традиционному. А по некоторым показателям превосходит. Установлено, что интактные растения и растения-регенеранты проявляют сопоставимую биологическую активность в отношении вируса герпеса.

Список литературы

- Смик, Г. К., Кривенко, В. В. Перстач білий — ефективний засіб для лікування захворювань щитовидної залози / Фармацевтичний журнал. — № 2. — 1975. — С. 58–62.
- Башилов, А. В. К вопросу о фармаколого-биохимическом обосновании практического использования *Potentilla alba* / А. В. Башилов // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. — 2012. — № 1. — С. 119–123.
- Башилов, А. В. *Potentilla alba* L. — эффективное средство при тиреотоксикозе / А. В. Башилов // Вестник ВГМУ. — 2009. — Т. 8. — № 3. — С. 1–9.
- Zakharia, A. V. New radioprotective drug from plant sources / A. V. Zakharia // 6-th Congress SFULT, Odessa. — 1996. — P. 166–167.
- Патент № 2525676 (РФ). Способ получения лапчатки белой (*Potentilla alba* L.) / Л. И. Тихомирова // 2014.
- Патент № 2570623 (РФ). Способ получения лекарственного растительного сырья лапчатки белой (*Potentilla alba* L.) в условиях гидропоники / Л. И. Тихомирова, Н. Г. Базарнова // 2015.
- Шемерянкина, М. И. // Хим.-фарм. Журнал. — 1986. — № 1. — С. 62–64.
- Музычкина, Р. А., Корулькин, Д. Ю., Абилов, Ж. А. Технология производства и анализ фитопрепаратов. Алматы. — 2011. — 360 с.

9. Музычкина, Р. А. Реакции и реактивы для химического анализа некоторых групп БАВ в лекарственном растительном сырье. Учебное пособие, Алматы. — 2002.
10. Гринкевич, Н. И., Сафронич, Л. Н. Химический анализ лекарственных растений. — М. — 1983.
11. Кемертелидзе, Э. П., Явич, П. А., Сарабунович, А. Г. Количественное определение танина // Фармация. — 1984. — № 4. — С. 34–37.
12. Finter, N. B. Dye uptake methods for assessing viral cytopathogenicity and their application to interferon assays // J. Gen. Virol. 1969. — № 5. — P. 419–427.
13. Косман, В. М., Фаустова, Н. М., Пожарицкая, О. Н., Шиков, А. Н., Макаров, В. Г. Накопление биологически активных веществ в подземных частях лапчатки белой (*Potentilla alba* L.) в зависимости от срока культивирования. // Химия растительного сырья. 2013. — № 2. — С. 139–146.

Клеточная дифференциация и лигнификация ксилемы у *Iris sibirica* L. *in vitro*

Тихомирова Л. И.

Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия, L-tichomirova@yandex.ru

Резюме. Гистологическое и гистохимическое изучение строения побегов *I. sibirica*, выросших на искусственных питательных средах выявило особенности образования всасывающей и проводящей системы, в частности ксилемы. У регенерантов развивалась сложная система, состоящая из проводящих пучков, содержащих ситовидные трубки, сосуды и трахеиды, а также сети гидроцитов.

Cellular differentiation and lignification in xylem from *Iris sibirica* L. *in vitro*. Tichomirova L. I. **Summary.** Histological and histochemical study of the structure of shoots of *I. sibirica*, grown on artificial nutrient media revealed the formation of the suction and conduction system, in particular the xylem. Regenerants have developed a complex system consisting of conducting bundles containing sieve tubes, vessels and tracheids, and as a network of gidrozit.

Формирование ксилемы, основной водопроводящей ткани растений является предметом многих исследований. Дифференциация элементов ксилемы в лабораторных условиях может служить образцом для продвижения нашего понимания процессов одревеснения клеточной стенки и для изучения биотехнологических способов проектирования вторичной клеточной стенки с заданными свойствами [1]. Клетки, выращенные в искусственных условиях, являются более доступными для изучения процессов ксилемообразования (xylogenesis) [2]. Этот процесс изучен с использованием различных видов растений. Дифференциации трахеальных элементов характеризуется рядом цитологических изменений в клетках: рост растяжением, отложением одревесневшей вторичной клеточной стенки и в конечном итоге программируемой смерти [3].

Цель нашей работы сделать первые шаги в описании процессов дифференциации и лигнификации ксилемы у *Iris sibirica* L. в культуре ткани с использованием методов гистологии и гистохимии.

Растительный материал. В исследованиях использовали растения-регенеранты *I. sibirica* из коллекции Отдела биотехнологии растений Алтайского государственного университета (г. Барнаул).

Работу проводили на основе общепринятых в биотехнологии растений методов [4]. При исследовании морфогенетических потенциалов органов и тканей в условиях *in vitro* использовали стандартную питательную среду MS [5]. Для изучения процессов формирования трахеальных элементов у *I. sibirica in vitro* в питательную среду вводили следующие фитогормон 6-бензиламинопурина (БАП) Sigma, в концентрации 2,5–10 мк М. В качестве основного углевода использована сахароза в концентрации 30 г/л. Растения-регенеранты выращивали в культуральной комнате, где поддерживалась температура 20–30°C, 16-часовой фотопериод, интенсивность освещения (2000 — 4000 лк) и 70% относительная влажность воздуха.

Для анатомического изучения процессов морфогенеза были проведены серии срезов. Постоянные препараты готовили по общепринятым методикам [6] в нашей модификации.

Реакция с флороглюцином и соляной кислотой. Срез ткани растения помещают на предметное стекло в 1% раствор флороглюцина в спирте, через 1 минуту реактив удаляют фильтроваль-

ной бумагой, на срез наносят каплю концентрированной соляной кислоты и через 1–2 минуты прибавляют каплю глицерина, далее накрывают покровным стеклом и изучают под микроскопом. Одревесневшие оболочки клеток приобретают вишнёвое окрашивание, интенсивность которого определяется степенью лигнификации [7].

При анатомических исследованиях на продольном срезе побега *I. sibirica*, выросшего на питательной среде MS, содержащей 2,5 мкМ БАП, были хорошо различимы системы тканей. В апикальной части побега наблюдали почку и примордии листьев, в паренхимных клетках первичной коры много крахмала. 2/3 объёма побега занимает центральный цилиндр (рис. 1, а). Растения *I. sibirica* в культуре ткани растут в течение всей своей жизни, не прерываясь на период зимнего покоя. Рост происходит в определённых, весьма многочисленных участках тела растения. Для *I. sibirica* характерны верхушечные меристемы: точка роста основного побега, точки роста пазушных и адвентивных побегов, точки роста адвентивных корней. Верхушечная меристема корневища состоит из плотно сомкнутых клеток с протопластом, содержащим крупное ядро. Оболочка клеток тонкая на всём протяжении. Клетки меристемы делятся и дают начало основным, преимущественно паренхимным, тканям, несущим функции накопления и хранения запасов.

Прокамбий, дифференцирующийся среди меристемы, представляет собой тяж, состоящие из клеток, отличающихся от окружающих их основной меристемы меньшими поперечным и большими продольными размерами. Прокамбиальные тяжи дают начало проводящим пучкам. Тяж и цилиндр прокамбия полностью дифференцируется в постоянные ткани. Таким образом, формообразование в верхушечной части побега *I. sibirica in vitro* проходит аналогично таковому *in planta*.

При культивировании на питательных средах каждые 30 дней побеги ириса пересаживали на свежие питательные среды. При этом скальпелем счищали мёртвые клетки у основания побега. Первая реакция на поранение — формирование защитной плёнки и раневой пробки, предохраняющих живые ткани регенерантов. Как отмечает О. А. Чурикова (2008), в ходе анализа морфогенетических процессов у лилейников и хосты *in vitro* в ряде случаев наряду с плёнкой из остатков разрушенных клеток и клеточного сока наблюдалось образование раневой пробки, представляющей собой защитную ткань особого типа — ярусную пробку, характерную для других однодольных [8].

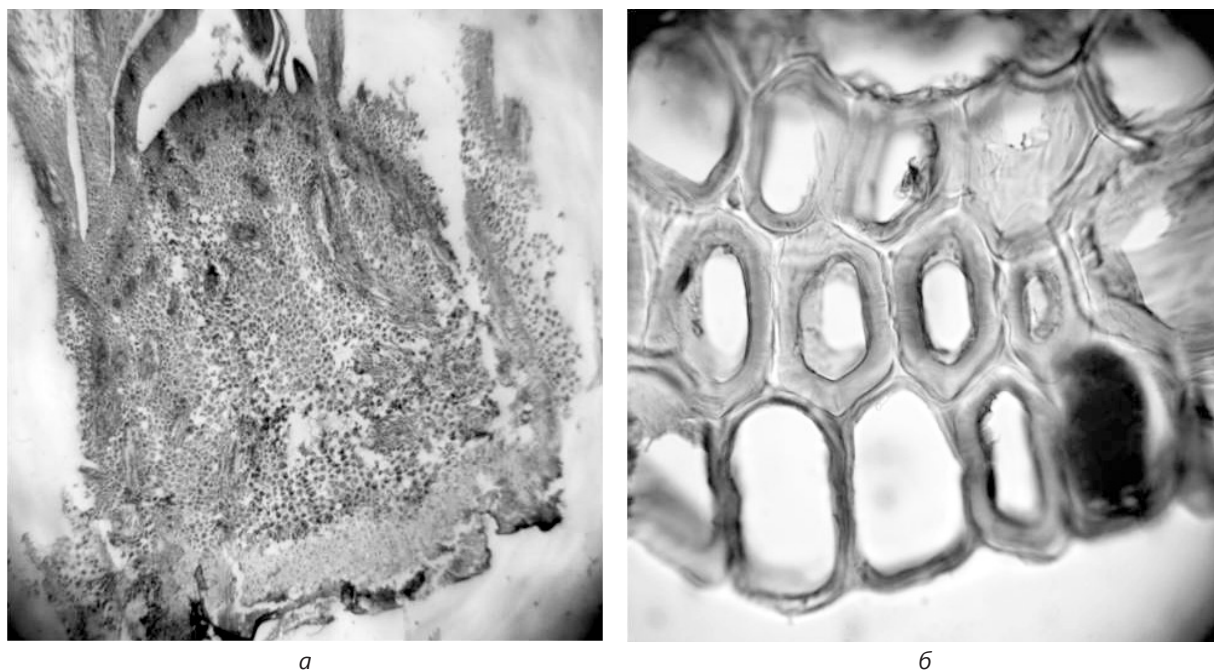


Рис. 1. а — продольный срез корневища растения-регенеранта *I. sibirica* (увел.×100); б — клетки раневой пробки (увел.×400)

У побегов *I. sibirica* защитная ткань особого типа возникала в результате многократных делений паренхимных клеток. Эти деления, периклиналильные по направлению, повторялись несколько раз до тех пор, пока не образовывался слой толщиной 3–8 клеток. Стенки паренхимных клеток при этом утолщались. Делящиеся клетки дифференцировались впоследствии в клетки пробки.

Как указывает К. Эсау [9], пробка, образующаяся без участия инициального слоя, или филлогена, получила название ярусной пробки, так как цепочки слагающих её клеток образуют тангентальные полосы. Поскольку процесс формирования пробки происходит в центростремитальном направлении, между клетками пробки могут оказаться включёнными и неопробковевшие клетки (рис. 1, б).

Наряду с защитными, базальные клеточные слои являются тканями всасывания у *I. sibirica in vitro*. Так как растения-регенеранты не используют корни для поглощения воды и растворённых веществ, всасывание происходит клетками покровных тканей, соприкасающихся с питательной средой. По своим функциям раневая пробка регенерантов схожа с веламеном, своеобразной тканью покрывающей корни эпифитов и некоторых других растений, приспособленных к жизни на периодически пересыхающих субстратах [9].

Поглощение корнями воды и минеральных веществ — наиболее важная их функция. Вода, поглощаемая корневым волоском, проходит сложный путь по живым клеткам паренхимы корня и только после этого попадает вместе с растворёнными в ней веществами в элементы ксилемы, находящейся в центральном цилиндре. У регенерантов *I. sibirica* мёртвые клетки раневой пробки всасывают воду, которая по живым клеткам с утолщёнными стенками проходит к окончаниям сосудистых пучков. Проводящие пучки входят в слой основной паренхимы с утолщёнными клеточными стенками (склерохимоидной ткани) и слепо заканчиваются отверстиями проводящей системы. Вода и растворённые в ней вещества, передвигаются к другим органам и клеткам и образуют восходящий ток, который идет по трахеидам и сосудам проводящего пучка.

Российский учёный В. Г. Александров особые трахеидальные элементы формирующиеся в эксплантах в культуре *in vitro* определил как гидроциты. Гидроциты принадлежат к широко распространённому типу водоносных элементов и отличаются от анатомических элементов других типов тем, что в них сравнительно долго сохраняются клеточные ядра, хотя утолщения их оболочек одревесневшие. Гидроциты способствуют более быстрой подаче воды, чем обычные паренхимные клетки экспланта, в результате чего в экспланте формируется полноценная проводящая система [10],

Поперечные и продольные срезы растений-регенерантов *I. sibirica* мы использовали в реакции с флороглюцином и соляной кислотой. Одревесневшие оболочки клеток приобретали вишнёвое окрашивание, интенсивность которого определялась степенью лигнификации. В наших исследованиях побегов *I. sibirica*, выросших на искусственных питательных средах, отмечены особенности образования проводящей системы, в частности ксилемы. От основания побегов (места соприкосновения ткани и питательной среды) тянулись проводящие пучки, содержащие в своём составе сосуды, трахеиды и гидроциты (рис. 2).

Дифференциация гидроцитов

Дифференциация паренхимных клеток в гидроциты происходит вблизи проводящих пучков и в основании побегов (рис. 3).

Клетки паренхимы центрального цилиндра и первичной коры растений-регенерантов и интактных растений *I. sibirica* имеют сопоставимый размер в пределах 350,0 мкм. Но клетки паренхимы регенерантов средней части побегов плазмолизуются и протопласт отходит от клеточной стенки, структура будущей вторичной оболочки оказывается различной в наружной части протопласта (рис. 4). В базальной части побега стенки живых клеток паренхимы лигнифицируются неравномерно с образованием простых пор. У гидроцитов *I. sibirica* особый, очень распространённый тип сетчатого утолщения представлен в виде точечной или пористой оболочки. Она формируется в тех случаях, когда толстые перемычки сетки занимают большую часть оболочки, а ячейки сетки, то есть тонкие участки оболочки, очень мелкие (рис. 3). У растений-регенерантов *I.*

sibirica гидроциты мощным слоем окутывали проводящий пучок и сопровождали его вдоль побега на некоторую высоту. В связи с этим базальная часть побега была пронизана массой гидроцитных тяжей, а в апикальной части гидроцитов было значительно меньше.

По своему строению, гидроциты — это трахеиды с утолщениями (точечными), но, в отличие от трахеид и сосудов ксилемы (они образуются на базе прокамбия или камбия — особых латеральных первичной или вторичной меристем), гидроциты дифференцируются из клеток постоянных тканей (подобно феллогену), которые, вероятно, на момент дифференциации обладали меристематической активностью. Гидроциты не являются результатом деятельности апикальных меристем. Они способствуют проведению метаболитов во все органы растения-регенеранты, а также в области гистогенеза и органогенеза и образуют «мостики» между тканями

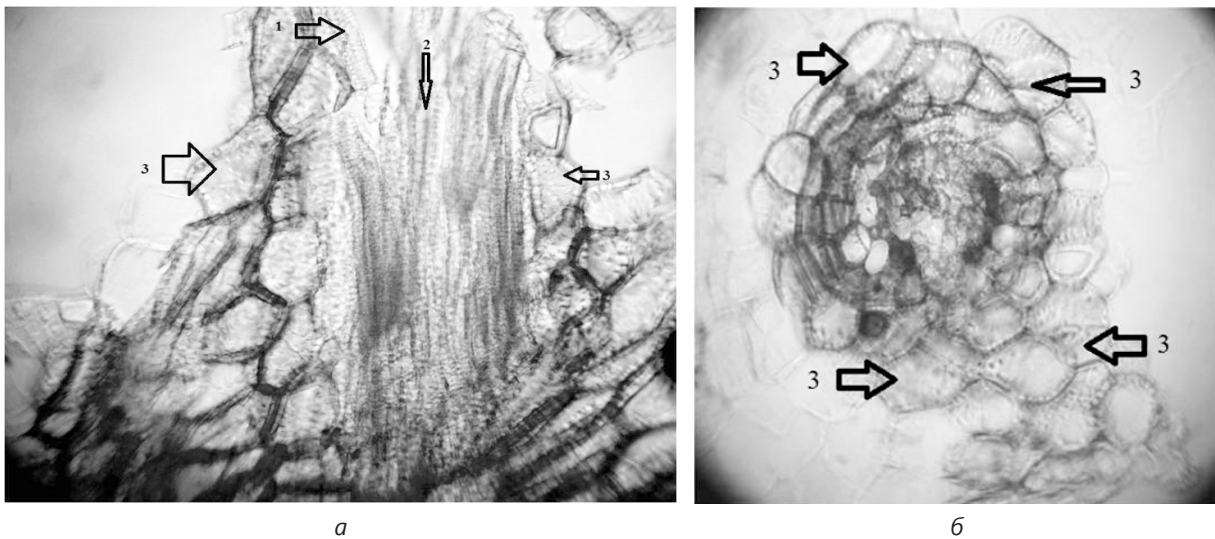


Рис. 2. Срез проводящего пучка (реакция с флороглюцином и соляной кислотой): а — продольный; б — поперечный, (увел.×1000); 1 — сосуды; 2 — трахеиды; 3 — гидроциты

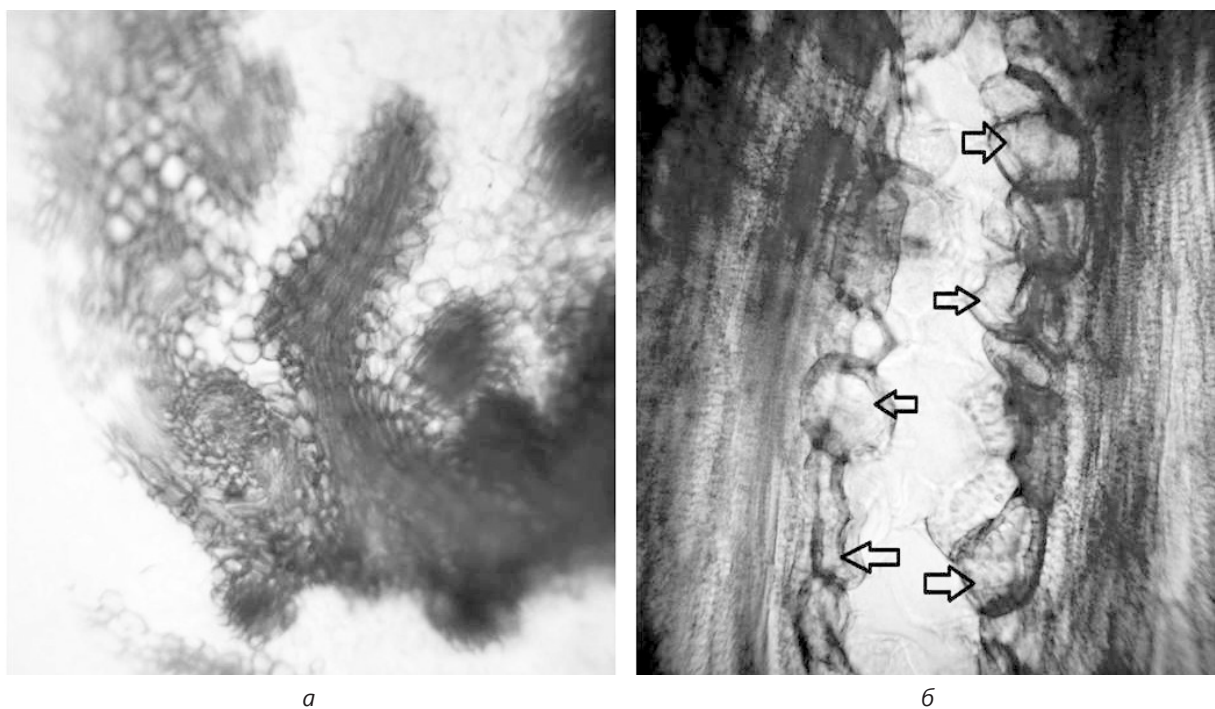


Рис. 3. Продольный срез проводящего пучка в окружении гидроцитов (реакция с флороглюцином и соляной кислотой): а — увел.×100; б — увел.×1000

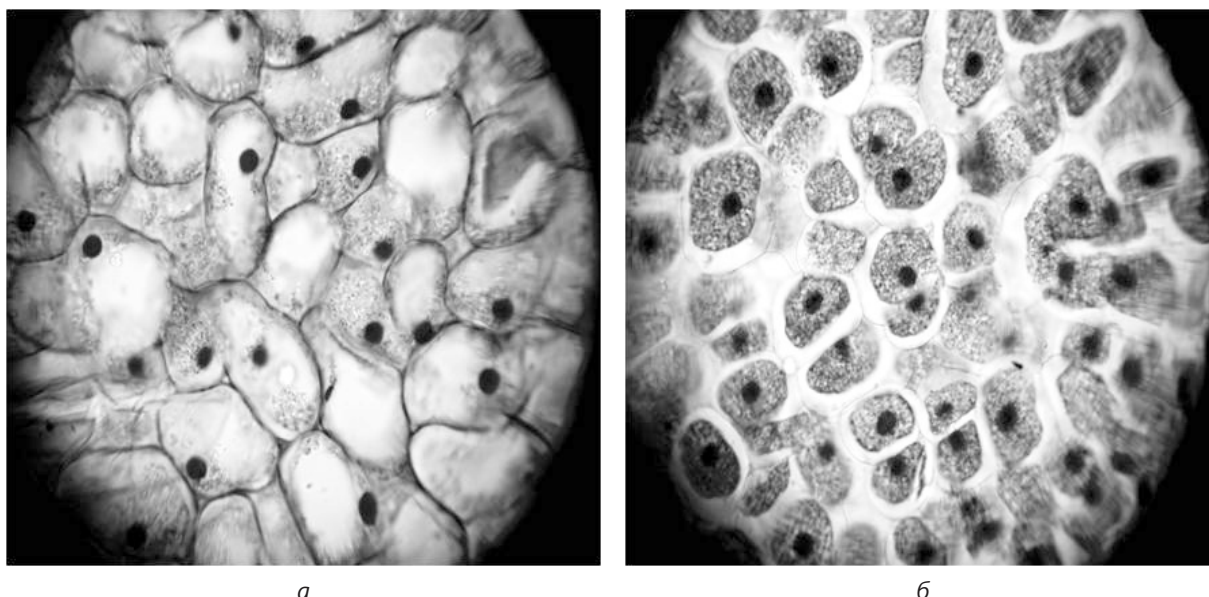


Рис. 4. Клетки паренхимы центрального цилиндра средней части побегов: а — интактного растения; б — растения-регенеранта (увел.×1000)

материнского побега и клетками адвентивных побегов и корней, которые формируются в точках морфогенеза из апикальных меристем. Это очень важно. Таким образом проявляются механизмы морфогенеза, как ответ на биохимический состав питательной среды и физиологическое состояние растения-регенеранта.

Гистохимическое изучение строения побегов *I. sibirica*, выросших на искусственных питательных средах выявило особенности образования всасывающей и проводящей системы, в частности ксилемы. У регенерантов развивалась сложная система, состоящая из проводящих пучков, содержащих ситовидные трубки, сосуды и трахеиды, а также сети гидроцитов.

Список литературы

1. Turner S., Gallois P., Brown D. Tracheary Element Differentiation // *Annu. Rev. Plant Biol.*, 2007. V. 58. P. 407–433.
2. Milioni D., Sado P. E., Stacey N. J., Roberts K., McCann M. C. Early gene expression associated with the commitment and differentiation of a plant tracheary element is revealed by cDNA-amplified fragment length polymorphism analysis // *Plant Cell*, 2002. Vol. 14. № 11. P. 2813–2824.
3. Fukuda H. Xylogenesis: initiation, progression, and cell death // *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 1996. Vol. 47. № 1. P. 299–325.
4. Калинин Ф. Л., Сарнацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры в физиологии и биохимии растений / Ф. Л. Калинин, В. В. Сарнацкая, В. Е. Полищук. Киев, 1980. 488 с.
5. Murashige T., Skoog F. A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassaya with Tobacco Tissue cultures // *Physiol. Plant*, 1962. V. 15. № 4. P. 473.
6. Барыкина Р. П., Веселова Т. Д., Девятов А. Г. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Р. П. Барыкина, Т. Д. Веселова, А. Г. Девятов. М.: МГУ, 2004. 312 с.
7. Дженсен У. Ботаническая гистохимия. М.: Мир, 1965. 377 с.
8. Чурикова О. А. Некоторые закономерности морфогенеза *in vitro* // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира. Сборник статей по материалам II Всероссийской научно-практической конференции. — Волгоград. — 2008. — С 276–282.
9. Эсау К. Анатомия растений / К. Эсау. М.: Мир, 1969. 564 с.
10. Александров, В. Г. Анатомия растений / В. Г. Александров. М.: Высшая школа, 1966. 431 с.

Влияние автоклавированных препаратов альгината натрия на ростовые параметры и накопление флавоноидов в каллусной культуре *Catharanthus roseus* (L.) G. Don

Филиппова С. Н., Булахова А. С.

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, svetlan_rom@mail.ru

Резюме. В работе выявлены закономерности воздействия автоклавированных в течение 40, 60 и 80 мин препаратов альгината натрия в концентрации 0,003% на ростовые параметры и накопление флавоноидов в различных линиях каллусной ткани *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. Показано, что исследуемые препараты, преимущественно, стимулируют ростовые процессы каллусных линий и ингибируют накопление флавоноидов.

Influence of autoclaved sodium alginate on growth parameters and accumulation of flavonoids in calli culture of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. Filipava S. N., Bulahova A. S. **Summary.** The effect of sodium alginate (0,003%) autoclaved during 40, 60 and 80 min on growth parameters and accumulation of flavonoids in *Catharanthus roseus* callus cell lines was investigated. It was found that in the presence of autoclaved sodium alginate in the cultivation medium the total flavonoid content in callus tissues decreased and growth parameters — increased.

В биотехнологической практике альгинаты, используются в качестве иммобилизующих агентов, где они, по предположению ряда авторов, могут выполнять не только роль носителя, но и выступать как элиситор-подобные субстанции [1–3]. Причем считается, что элиситорным эффектом обладают именно продукты термического разложения данного полимера при автоклавировании. Так, было показано, что наиболее эффективным элиситором в отношении растительных клеток *Catharanthus roseus* из продуктов термического разложения альгината оказалось вещество — транс-4,5-дигидрокси-2-циклопентен-1-он [4,5].

Известно, что стерилизация альгината натрия путем автоклавирования приводит к его деполимеризации [6]. Очевидно, что условия автоклавирования препаратов альгината будут существенно влиять на их биологический эффект в связи с образованием разных по своей молекулярной массе продуктов термического распада. Однако вопрос о том, являются ли эти продукты элиситорами или триггерами физиолого-биохимических процессов, протекающих, например, в иммобилизованных в кальций-альгинатных гранулах растительных клетках, остается мало изученным.

Поэтому представлялось актуальным выявить действие автоклавированных в течение разного времени препаратов альгината натрия на ростовые процессы и накопление флавоноидов в каллусной ткани катарантуса розового.

Catharanthus roseus (L.) G. Don (катарантус розовый) — тропический вечнозеленый кустарник. В его состав входят фармакологически активные терпеновые индольные алкалоиды, а также широкий спектр фенольных соединений, обладающих различной фармакологической активностью. Среди фенольных соединений особое значение имеют флавоноиды, которые обладают антиоксидантными свойствами и другими типами биологических активностей [7].

Объектами исследований являлись гетеротрофная, фотомиксотрофная и продуцирующая антоцианы линии каллусной ткани *Catharanthus roseus*. Культивирование каллусов производили на питательной среде Мурасиге-Скуга (МС) с добавлением фитогормонов. В качестве ауксина в питательные среды включали 1-нафтилуксусную кислоту (1 мг/л), а в качестве цитокинина — кинетин (0,1 мг/л). Культивирование каллусов осуществлялось в темноте в условиях термостата при температуре 25°C, либо в условиях фитостата при интенсивности освещении — 150 мкмоль·м⁻²·с⁻¹ и фотопериоде — 16/8 часов свет/темнота.

Препараты исследуемого полимера готовили следующим образом. Раствор альгината натрия концентрацией 0,003% автоклавировали в течение 40, 60 и 80-ти мин отдельно для каждого варианта, а затем смешивали с автоклавированной отдельно средой МС непосредственно перед разливом готовой среды по чашкам Петри.

Активность ростовых процессов оценивали по удельной скорости роста каллусных культур [8]. Содержание суммы флавоноидов определяли на основе реакции с 0,05 моль/л раствором хлорида алюминия в 96% этаноле [9]. Содержание суммы флавоноидов определяли в пересчёте на гликозиды кверцетина.

В результате проведенных исследований было установлено, что автоклавированные препараты альгината натрия в течение 40, 60 и 80 мин, преимущественно, оказывали стимулирующее действие на рост (рис. 1, а).

Нужно отметить, что наблюдалась специфическая реакция ростовых процессов отдельных линий каллусной ткани при воздействии на них автоклавированных препаратов альгината натрия. Так, например, максимальный стимулирующий эффект (на 28%) был показан при включении препаратов альгината натрия, автоклавированных в течение 40 мин, в среду культивирования фотомиксотрофной каллусной линии (рис. 1, а). При увеличении времени автоклавирования до 80 мин препарата альгината натрия наблюдалось снижение удельной скорости роста на 20% по сравнению с контрольным вариантом. В то время как при исследовании влияния данного полимера на рост гетеротрофной каллусной линии, а также линии, продуцирующей антоцианы, была показана обратная зависимость. Так, при повышении времени автоклавирования альгината натрия, удельная скорость роста каллусов стимулировалась. Причем, в случае гетеротрофной каллусной линии, все исследуемые препараты альгината натрия вызвали повышение удельной скорости роста на 32–50% по сравнению с контролем. В случае линии каллусной ткани, продуцирующей антоцианы, тоже отмечался стимулирующий эффект при внесении в среду культивирования препаратов альгината натрия, автоклавированных в течение 60 и 80 мин. Максимальная стимуляция составляла лишь 17%.

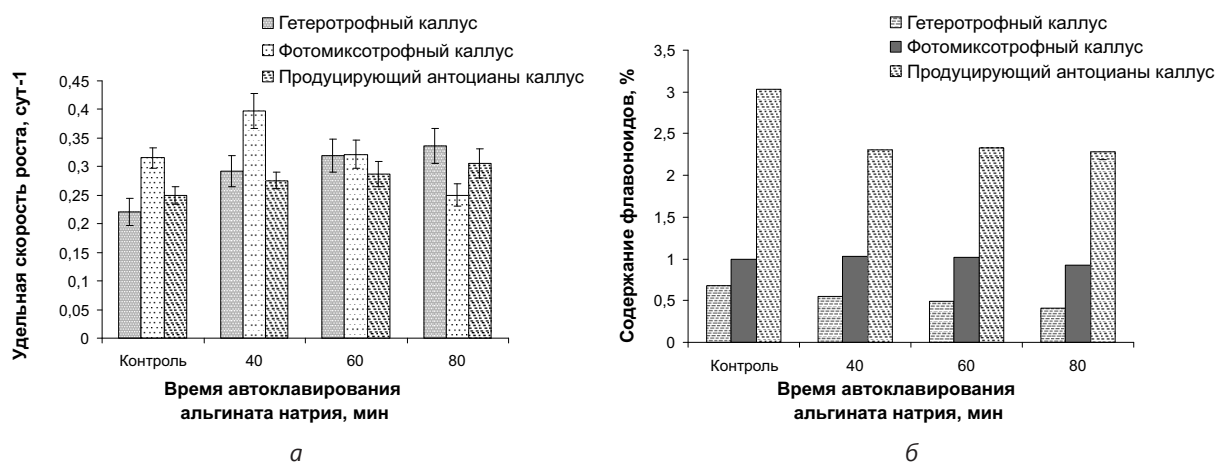


Рис. 1. Влияние автоклавированных препаратов альгината натрия в течение разного времени в различных линиях каллусной культуры *Catharanthus roseus* (L.) G. Don: а — на удельную скорость роста; б — на содержание флавоноидов

При исследовании влияния автоклавированных в течение разного времени препаратов альгината натрия на содержание флавоноидов было показано, что исследуемые соединения ингибируют накопление указанных вторичных метаболитов в гетеротрофной каллусной линии (на 19–40%) и в каллусной линии, продуцирующей антоцианы (на 24–25%) (рис. 1, б). Включение в среду инкубации фотомиксотрофной каллусной линии препаратов альгината натрия не оказывало влияния на ростовые процессы данных клеток.

Таким образом, воздействие автоклавированных препаратов альгината натрия в концентрации 0,003% на исследуемые культуры *in vitro* зависит от типа клеточной линии каллусной ткани *Catharanthus roseus*. Преимущественно, наблюдается стимуляция ростовых параметров исследуемых каллусных линий и ингибирование накопления флавоноидов при включении данного соединения в среду культивирования.

При этом другими авторами было показано, что олигомеры альгината, действуя как эндогенные элиситоры, подавляют рост и, в тоже время, активируют ферментативную активность клеток [10]. Так, например, было установлено, что добавление в среду культивирования суспензионных клеток *Catharanthus roseus* альгинатных олигомеров (0,1%), замедляет рост культуры и повышает активность 5'-фосфодиэстеразы в 20 раз по сравнению с контролем [10].

Список литературы

1. Tanaka H. Efficient production of chitinase by *Wasabia japonica* protoplasts immobilized in double-layered gel fibers. *J Ferment Bioeng*, 1996, Vol. 81, P. 394–399.
2. Akimoto C. Endogenous elicitor-like effects of alginate on physiological activities of plant cells. *Appl. Microbial. Biotechnol*, 1999, Vol. 52, P. 429–436.
3. Aoyagi H. Indole alkaloids production by *Catharanthus roseus* protoplasts with artificial cell wall containing of guluronic acids rich alginate gel. *J Ferment Bioeng*, 1998, Vol. 85, P. 306–311.
4. Akimoto-Tomiyama C. Production of 5'-phosphodiesterase by *Catharanthus roseus* cells promoted by heat-degraded products generated from uronic acid. *J Biosci Bioeng*, 2002, Vol. 94, P. 154–159.
5. Aoyagi H. Distribution of alginate oligomers in *Catharanthus roseus* and *Wasabia japonica* cells cultured in a medium containing alginate oligomer. *Biotechnol Lett.*, 2002, Vol. 24, P. 1125–1129.
6. Daigle D. J., Cotty P. J. The effect of sterilization, pH, filler and spore inoculum concentration on the preparation of alginate pellets. *Biocontrol Science and Technology*, 1997, Vol. 7, Iss. 1, P. 3–10.
7. Piovan A., Filippini R. Anthocyanins in *Catharanthus roseus* *in vivo* and *in vitro*: a review. *Phytochemistry Review*, I. 6, P. 235–242
8. Калинин Ф. Л. Сарнацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. Киев: Наук. думка, 1980, 480.
9. Запрометов, М. Н. Биохимические методы анализа растений. Москва: Иностранная литература, 1960, 592.
10. Aoyagi H. Preparation of mixed alginate elicitors with high activity for the efficient production of 5'-phosphodiesterase by *Catharanthus roseus* cells. *Biotechnology Letters*, 2006, Vol. 28, P. 1567–1571.

Влияние D-триптофана на ростовые характеристики и накопление фенольных соединений в каллусной культуре *Vinca minor* L.

Филиппова С. Н., Семененкова А. А., Юрин В. М.

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, svetlan_rom@mail.ru

Резюме. В работе установлены закономерности воздействия D-триптофана в различных концентрациях на ростовые параметры и накопление фенольных соединений и флавоноидов в гетеротрофной каллусной культуре *Vinca minor* L. Показано, что D-триптофан стимулирует накопление фенольных соединений в концентрациях от 50 до 200 мг/л в каллусной ткани *Vinca minor* L. Повышение концентрации D-триптофана в среде от 25 до 200 мг/л приводит к ингибированию роста каллусов.

Influence of D-tryptophan on growth parameters and accumulation of phenolic compounds in *Vinca minor* L. callus culture. Filipava S. N., Semenenkova A. A., Yurin V. M. **Summary.** The effect of raising D-tryptophan level on growth parameters and accumulation of phenolic compounds and flavonoids in *Vinca minor* L. callus culture was investigated. It was found that the presence of D-tryptophan in concentration of 50–200 mg/l in the cultivation medium increases the phenolic compounds and flavonoids accumulation in callus tissues. It was also shown that the increasing of D-tryptophan concentration leads to the inhibition of growth parameters.

Культуры *in vitro* лекарственных растений потенциально являются ценными продуцентами фармакологически активных веществ. Однако известно, что в недифференцированных клетках каллусных и суспензионных культур в большинстве случаев наблюдается существенное снижение уровня биосинтеза ценных вторичных метаболитов по сравнению с нативными растениями. Поэтому в течение последних тридцати лет активно ведутся работы по установлению условий, позволяющих повысить биосинтетическую способность клеток *in vitro*. Среди таких приемов можно выделить — включение биосинтетических предшественников ценных биологически активных метаболитов в среду инкубации клеток культур [1, 2].

Важнейшими предшественниками ряда первичных и вторичных метаболитов в растениях, а также структурными единицами при сборке белков являются ароматические L-аминокислоты. Триптофан среди них представляет собой один из ключевых интермедиатов в биосинтезе фитогормонов, алкалоидов, фенольных соединений и других метаболитов [3]. Так, например, он является предшественником серотонина, который в растительных организмах как биогенный амин участвует в различных физиологических процессах, таких как цветение, морфогенез и адаптация к изменяющимся условиям окружающей среды [4]. Триптофан также участвует в биосинтезе индолил-3-уксусной кислоты (ИУК), но это не основная биосинтетическая ветвь образования данного фитогормона [5].

По своей химической природе триптофан является ароматической альфа-аминокислотой и существует в двух оптически изомерных формах (энантиомерах) — L- и D-триптофана. Именно L-триптофан является протеиногенной аминокислотой. В то же время, роль его оптического

D-изомера в физиолого-биохимических процессах растительных организмов мало изучена. Известно, что энантиомеры могут обладать не просто различными физиологическими свойствами, но и кардинально противоположными [6].

Таким образом, представлялось актуальным выявить регуляторное действие D-триптофана на ростовые процессы и накопление суммы фенольных соединений и флавоноидов в каллусной ткани ценного лекарственного растения *Vinca minor* L. *Vinca minor* L. — многолетний вечнозеленый стелющийся полукустарничек сем. Аросунасеae. Состав вторичных метаболитов данного растения включает урсоловую кислоту, флавоноиды, горькие и дубильные вещества, сапонины, сахара, витамин С, каротин, рутин, а также алкалоиды индольного ряда [7]. Препараты винкамина являются активаторами церебрального метаболизма [8].

Объектом исследования являлась гетеротрофная каллусная культура *Vinca minor* L. Культивирование каллусов производили на питательной среде Мурасиге-Скуга (МС) с добавлением фитогормонов (1 мг/л 1-нафтилуксусную кислоту и 0,1 мг/л кинетин). Культивирование каллусов осуществлялось в темноте в условиях термостата при температуре 25°C. D-триптофан добавляли в среду инкубации в концентрациях 25, 50, 100 и 200 мг/л.

Активность ростовых процессов оценивали по индексу роста, времени удвоения биомассы и удельной скорости роста каллусных культур [9]. Содержание суммы фенольных соединений (ФС) анализировали на основе реакции комплексообразования с реактивом Фолина-Дениса. Содержание ФС (мг/г_{сух.в.}) определяли в пересчете на галловую кислоту. Флавоноиды определяли на основе реакции с 0,05 моль/л раствором хлорида алюминия в 96% этаноле [10]. Содержание суммы флавоноидов определяли в пересчете на гликозиды квертецина.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что включение D-триптофана в среду культивирования каллусной ткани *Vinca minor* L. приводило к снижению ростовых параметров (рис. 1). Причем, высокие концентрации исследуемого соединения оказывали большее ингибирующее действие на рост каллусных клеток. Так, присутствие в среде инкубации D-триптофана в концентрации 25 мг/л приводило к снижению удельной скорости роста на 25%,

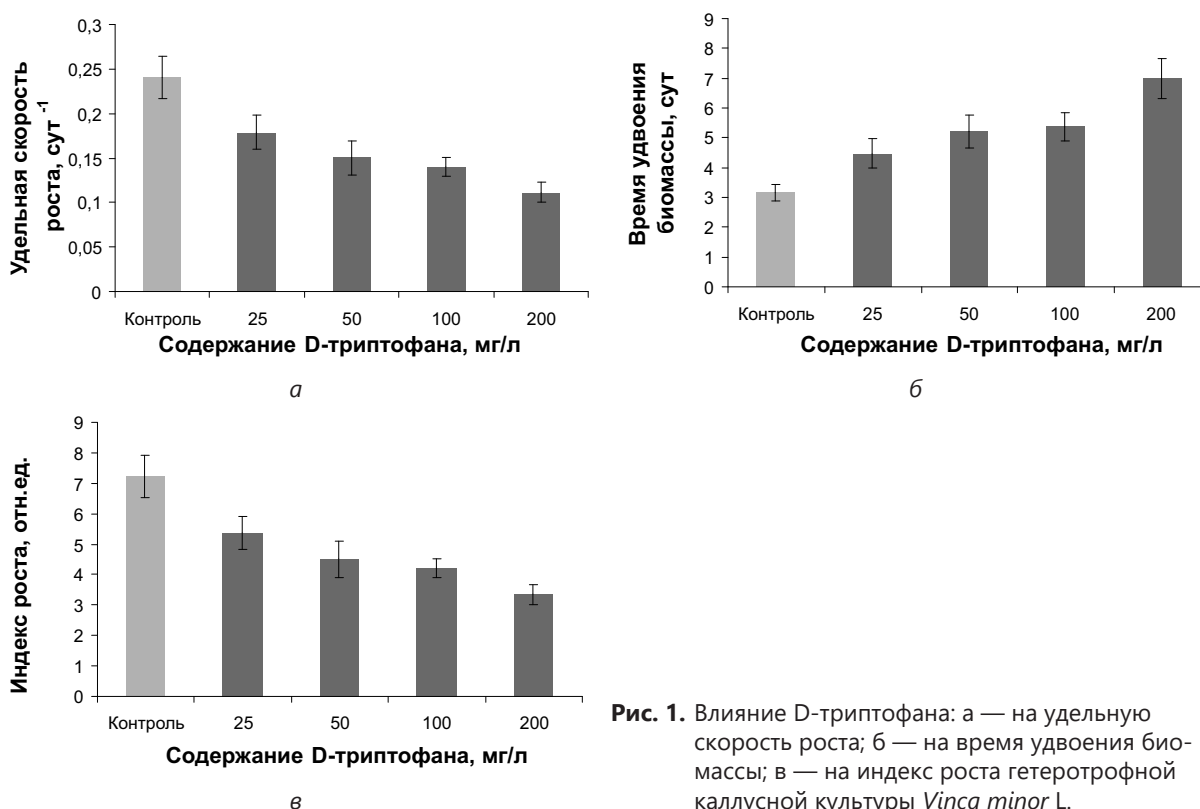


Рис. 1. Влияние D-триптофана: а — на удельную скорость роста; б — на время удвоения биомассы; в — на индекс роста гетеротрофной каллусной культуры *Vinca minor* L.

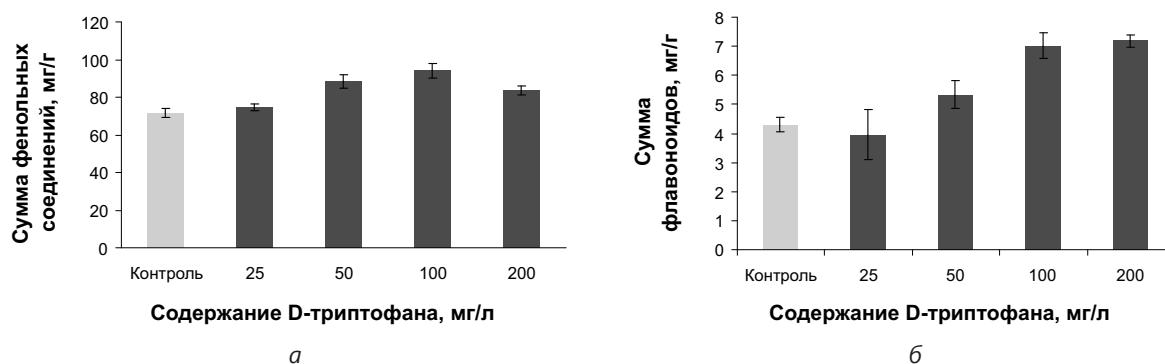


Рис. 2. Влияние D-триптофана: а — на накопление суммы фенольных соединений; б — на накопление суммы флавоноидов в гетеротрофной каллусной культуре *Vinca minor* L.

в то время как добавление указанного соединения в концентрации 200 мг/л — к ингибированию на 56% по сравнению с контролем (рис. 1). Согласно результатам исследований других авторов, включение L-триптофана в среду культивирования, либо обработка листьев нативных растений приводила, напротив, к стимуляции ростовых процессов. Так, например, триптофан в высоких концентрациях повышал формирование эмбрионного каллуса в некоторых сортах риса [11], а обработка листьев *Valencia orange* раствором L-триптофана в концентрации 100 мг/л приводила к стимуляции ростовых параметров [12]. При этом, стимулирующее действие L-триптофана на ростовые процессы может быть объяснено превращением экзогенного триптофана в индолилуксусную кислоту [12].

Культивирование клеток каллусной культуры *Vinca minor* L. на средах, в состав которых был включен D-триптофан в разных концентрациях, оказывало, преимущественно, стимулирующее действие на накопление суммы фенольных соединений и флавоноидов (рис. 2). Причем, применение D-триптофана в высоких концентрациях (100 и 200 мг/л) приводило к более выраженному эффекту. Максимальное стимулирующее действие исследуемого соединения было показано при его использовании в концентрациях 100 и 200 мг/л и анализе содержания суммы флавоноидов в каллусной культуре *Vinca minor* L. Отмечалось повышение накопления данных метаболитов на 72% по сравнению с контрольным вариантом (рис. 2). Наибольшее стимулирующее действие на накопление суммы фенольных соединений оказывал D-триптофан в концентрации 100 мг/л. В данном случае стимуляция составляла 32% по сравнению с контролем. Добавление D-триптофана в среду культивирования в концентрации 25 мг/л не оказывало влияния на накопление фенольных и флавоноидов.

Согласно результатам других исследователей, включение в среду культивирования L-триптофана в концентрации 150 мг/л также приводило к стимуляции накопления соединений фенольного ряда, в частности — тимола на 390% по сравнению с контролем в каллусной культуре *Verbascum thapsus* L. [13].

Таким образом, анализ результатов по воздействию D-триптофана в пределах исследуемого диапазона концентраций выявил наличие ингибирующего эффекта на ростовые параметры и, преимущественно, стимулирующего действия на накопление фенольных соединений и флавоноидов в каллусах *Vinca minor* L. Очевидно, что физиологическое действие D-триптофана будет различаться с действием его оптического изомера — протеиногенной аминокислоты L-триптофана. Это связано с энантиомерией биологических реагентов и катализаторов в клетках живых организмов и того факта, что природные белки состоят из левых оптических изомеров. Поэтому при попадании в клетку правых изомеров аминокислот можно предположить развитие специфических эффектов, в частности индукции процессов вторичного метаболизма на фоне замедления процессов первичного.

Список литературы

1. Junaid A. *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. An important drug: its applications and production. *Pharmacie Globale*, 2010, v. 1, iss. 4, p. 1–16.
2. Taha H. S. *In vitro* studies on Egyptian *Catharanthus roseus* (L.). Effect of biotic and abiotic stress on indole alkaloids production. *Journal of applied sciences research*, 2009, v. 5, iss. 10, p. 1826–1831.
3. Facchini P. J. Plant aromatic L-amino acid decarboxylases: evolution, biochemistry, regulation, and metabolic engineering application. *Phytochemistry*, 2000, v. 54, p. 121–138.
4. Kang K. Enzymatic features of serotonin biosynthetic enzymes and serotonin biosynthesis in plants. *Plant signaling & behavior*, 2008, v. 6, p. 389–390.
5. Bartel B. Auxin biosynthesis. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 1997, v. 48, p. 51–66.
6. Fabro S., Smith R. L., Williams R. T. Toxicity and teratogenicity of optical isomers of thalidomide. *Nature*, 1967, v. 215, p. 296.
7. Мазнев Н. И. Энциклопедия лекарственных растений. 3-е изд. — М.: Мартин, 2004, 496 с.
8. Исаков Ф. Ю. Справочник «Видаль». Лекарственные препараты в России: справочник / редкол.: — М.: АстраФармСервис, 2001, 1536 с.
9. Калинин Ф. Л. Сарнацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. Киев: Наук. думка, 1980, 480 с.
10. Запрометов, М. Н. Биохимические методы анализа растений. Москва: Иностранная литература, 1960, 592 с.
11. Siriwardana S., Nabors W. Tryptophan enhancement of somatic embryogenesis in Rice. *Plant Physiology*, 1983, v. 73, p. 142–146.
12. Hanafy Ahmed A. H., Khalil M. K., Abd El-Rahman A. M. Effect of zinc, tryptophan and indole acetic acid on growth, yield and chemical composition of Valencia orange trees. *Journal of applied sciences research*, 2012, v. 8, iss. 2, p. 901–914.
13. Al-Jibouri A. M. J. Abed A. S., Ali A.-J. A., Majeed D. M. Improvement of phenols production by amino acids in callus cultures of *Verbascum thapsus* L. *American Journal of Plant Science*, 2016, v. 7, p. 84–91.

Эффекты 24-эпибрассинолида на прорастание семян и рост эксплантов ели европейской *Picea abies* (L.) Karst. на этапе асептического введения в культуру *in vitro* при разных типах освещения

Чалей А. В.¹, Буй А. В.¹, Кудряшова О. А.¹, Волотович А. А.², Федоренко М. П.², Хрипач В. А.³

¹ Учреждение «Республиканский лесной селекционно-семеноводческий центр»

² УО «Полесский государственный университет»

³ ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси»

Резюме. Изучали действие разных концентраций 24-эпибрассинолида (ЭБ) в диапазоне от 1×10^4 до 10 мг/л на изменчивость количества и морфометрических показателей стерильных, активно регенерирующих эксплантов ели европейской на этапе асептического введения в культуру *in vitro*. В качестве первичных эксплантов использовали фрагменты стерильных проростков ели, а именно, верхнюю часть гипокотила длиной 5–7 мм, с семядольными хвоинками и апексом. Растворы ЭБ применяли при проращивании семян после стерилизации. Экспланты культивировали *in vitro* при люминесцентном и светодиодном освещении. Для большинства вариантов опыта с ЭБ отмечено увеличение в 2–7 раз количества стерильных, активно регенерирующих эксплантов, по сравнению с контролем. Установлено достоверное при $P < 0,05$ и $P < 0,01$ увеличение, по сравнению с контролем, количества семядольных хвоинок в 1,3 раза при светодиодном освещении, количества побегов — в 1,2–1,7 раза, при разных типах освещения, и длины побегов в 1,5 раза, в присутствии 1–10 мг/л, 0,0001–10,0000 мг/л и 0,001–0,010 мг/л ЭБ, соответственно.

The 24-epibrassinolide effects on seeds germination and explants growth of *Picea abies* (L.) Karst. at stage of aseptic introduction to *in vitro* culture at different types of lighting. Chaley A. V., Buy A. V., Kudryashova O. A., Volotovych A. A., Fedorenko M. P., Khripach V. A. **Summary.** Studied the action of different concentration of 24-epibrassinolid (EB) in the range from 1×10^{-4} to 10 mg/l on variability of quantity and morphometric indices of sterile, actively regenerating explants of *Picea abies* at stage of aseptic introduction to *in vitro* culture. As primary explants used fragments of sterile sprouts of *Picea abies*, the upper part of a hypocotyl in 5–7 mm long, with cotyledon needles and an apex. EB solutions applied in case of seeds cultivation after sterilization. Explants cultivated *in vitro* in case of luminescent and LED lighting. For the majority of options of experience with EB increase by 2–7 times of quantity of sterile, actively regenerating explants, in comparison with control. It is set the authentic in case of $P < 0.05$ and $P < 0.01$ increase, in comparison with control, quantities cotyledon needles by 1.3 times in case of LED lighting, the number of escapes by 1.2–1.7 times, in case of different types of lighting, and length of escapes by 1.5 times, in the presence of 1–10 mg/l; 0,0001–10,0000 mg/l and 0,001–0,010 mg/l of EB, respectively.

Введение

Ежегодно от различных неблагоприятных факторов гибнут тысячи гектаров лесов. В связи с тем, что традиционное восстановление лесного массива требует значительных затрат времени и средств возникла необходимость в разработке новой технологии ускоренного получения посадочного материала. Одним из таких методов вегетативного размножения, который приобретает большое значение, является микрклональное размножение растений. Микрклональное размножение хвойных является вопросом мирового масштаба [1, 2]. Получение культуры хвойных пород *in vitro* может способствовать интенсивному лесовосстановлению.

Материал и методы

Асептическое введение семян ели европейской проводили следующим образом:

- семена отмывают 72% хозяйственным мылом под проточной водой;
- семена стерилизуют в течение 30 минут в 7,5% растворе гипохлорита Na с добавлением 2 мг аскорбиновой кислоты и 300 мкл Tween 20 из расчета на 100 мл стерилизующего раствора;
- после стерилизации семена отмывают по 15 минут в 3-х, 4-х емкостях (объемом 0,5–1 л каждая) со стерильной дистиллированной водой с добавлением 2 мг аскорбиновой кислоты из расчета на 100 мл стерильной дистиллированной воды;
- стерильные семена помещают в стерильные стеклянные емкости объемом 250 мл на фильтровальную бумагу, пропитанную стерильной водой, либо раствором 24-эпибрассинолида (ЭБ) в разных концентрациях в зависимости от варианта опыта (предварительно воду, либо раствор ЭБ автоклавировали на протяжении 25 мин при температуре +121°C).

С целью повышения эффективности асептического введения и ускорения роста работа проводилась со следующими вариантами растворов ЭБ: 0,0000 мг/л (контроль); 0,0001 мг/л; 0,0010 мг/л; 0,0100 мг/л; 0,1000 мг/л; 1,0000 мг/л; 10,0000 мг/л.

В каждой банке фильтровальная бумага увлажнялась 2 мл раствора и на нее выкладывали по 5 семян.

Семена культивировали на стеллажах световой установки при освещенности 4000 лк (2 люминесцентных лампы OSRAM L36W/76 Natura) либо освещенности 900 лк (светодиодные светильники серии ДПО01–2×5–001 с цветопередачей синий, зеленый, красный в соотношении 2:1:6), при температуре +25°C, фотопериоде день/ночь — 16 ч/8 ч, относительной влажности воздуха 70%, до появления проростков.

Еженедельно учитывали количество инфицированных, стерильных, проросших семян. При посадке на питательную агаризованную среду учитывали количество стерильных, активно регенерирующих эксплантов; длину корня; длину гипокотыля; количество семядольных хвостиков.

Экспланты представляли собой верхний фрагмент гипокотыля 0,5–1 см длиной с семядольными хвостиками и верхушечной почкой. Экспланты высаживали на агаризованную среду ½ МС [3] без добавления гормонов. После первого пассажа учитывали количество и длину образовавшихся у экспланта побегов.

Общий математический анализ данных проводили по стандартным методам вариационной статистики [4], с использованием программы статистического анализа данных STATISTICA 6.0 [5]. Двухфакторный дисперсионный анализ данных и расчет доли влияния факторов на изменчивость исследуемых признаков проводили в программе статистического анализа AB-Stat 1.0, разработанной в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси [6].

Результаты и обсуждение

Анализ изменчивости длины гипокотыля у проростков ели европейской показал достоверное уменьшение значений данного показателя по сравнению с контролем в варианте с 1,0 мг/л ЭБ при светодиодном освещении и достоверное увеличение его значений в вариантах с 0,0001 мг/л и 1,0 мг/л ЭБ при люминесцентном освещении (табл. 1).

Установлено высоко достоверное увеличение длины корня в вариантах с 0,001 мг/л и 0,1 мг/л ЭБ при светодиодном освещении и уменьшение его значений варианте с 0,0001 мг/л ЭБ при светодиодном освещении и в вариантах с 0,0001 мг/л; 0,1 мг/л; 10,0 мг/л ЭБ при люминесцентном освещении (табл. 1).

Отмечено высоко достоверное (при $P < 0,01$) увеличение количества семядольных хвоек у проростков ели европейской во всех вариантах опыта с ЭБ по сравнению с контролем в условиях светодиодного освещения и в варианте с 1,0 мг/л ЭБ в условиях люминесцентного освещения (табл. 1).

Экспланты высаживали на агаризованную среду $\frac{1}{2}$ МС без добавления гормонов. После первого пассажа (через 3 месяца) учитывали количество и длину образовавшихся у экспланта побегов. Данные представлены в табл. 2.

Таблица 1
Морфометрические показатели проростков ели европейской при асептическом введении в культуру *in vitro*

Вариант опыта	Длина гипокотыля, см	Длина корня, см	Количество семядольных хвоек, шт.
Светодиодное освещение			
ЭБ _{0,0000} контроль	2,5±0,2	2,0±0,1	6,0±0,6
ЭБ _{0,0001}	1,2±0,1*	0,1±0,0**	7,0±0,6
ЭБ _{0,0010}	2,1±0,7	3,8±0,8**	7,3±0,3
ЭБ _{0,0100}	2,8±0,2	2,1±0,4	7,1±0,3
ЭБ _{0,1000}	2,7±0,6	3,7±0,5**	7,1±0,7
ЭБ _{1,0000}	2,0±0,3	1,5±0,4	7,7±0,3*
ЭБ _{10,000}	2,0±0,1	2,0±0,1	7,7±0,7*
НСР _{0,05}	1,2	0,7	1,3
НСР _{0,01}	1,8	1,0	1,9
Люминесцентное освещение			
ЭБ _{0,0000} контроль	1,7±0,2	3,0±0,9	7,0±0,1
ЭБ _{0,0001}	2,3±0,3*	1,2±0,3**	6,0±0,1
ЭБ _{0,0010}	1,5±0,1	2,5±0,2	7,0±0,6
ЭБ _{0,0100}	1,6±0,2	3,1±0,8	6,7±0,3
ЭБ _{0,1000}	1,4±0,1	1,9±0,2*	7,0±0,6
ЭБ _{1,0000}	2,5±0,2**	2,9±0,4	7,6±0,4
ЭБ _{10,000}	1,8±0,2	2,1±0,2*	6,7±0,9
НСР _{0,05}	0,5	0,9	1,5
НСР _{0,01}	0,7	1,2	2,1

Примечание: данные приведены как среднее арифметическое ± стандартная ошибка средней. Варианты опыта (индекс обозначает концентрацию ЭБ в мг/л): 0,0000 мг/л; 0,0001 мг/л; 0,0010 мг/л; 0,0100 мг/л; 0,1000 мг/л; 1,0000 мг/л; 10,0000 мг/л. Полужирным шрифтом выделены значения, достоверно отличающиеся от значений в контроле: * — при $P < 0,05$; ** — при $P < 0,01$. То же для таблиц 2–3.

Таблица 2
Изменчивость количественных показателей при культивировании эксплантов ели европейской *in vitro* (1 пассаж) после асептического введения с использованием ЭБ в разных концентрациях

Вариант опыта	Количество стерильных, активно регенерирующих эксплантов, %	Количество побегов, шт.	Длина побегов, см
Светодиодное освещение			
ЭБ _{0,0000}	4	1,0±0,2	1,0±0,1
ЭБ _{0,0001}	4	1,0±0,1	1,2±0,1
ЭБ _{0,0010}	12	1,7±0,3**	1,1±0,2
ЭБ _{0,0100}	24	1,2±0,2*	1,5±0,2**
ЭБ _{0,1000}	28	1,2±0,2*	1,1±0,2
ЭБ _{1,0000}	12	1,0±0,1	1,1±0,1
ЭБ _{10,000}	12	1,3±0,3**	0,8±0,2
	HCP _{0,05}	0,2	0,3
	HCP _{0,01}	0,3	0,5
Люминесцентное освещение			
ЭБ _{0,0000}	4	1,0±0,1	0,9±0,2
ЭБ _{0,0001}	8	1,5±0,4**	1,0±0,6
ЭБ _{0,0010}	4	1,0±0,1	1,5±0,1**
ЭБ _{0,0100}	12	1,0±0,1	0,9±0,1
ЭБ _{0,1000}	4	1,0±0,1	1,0±0,1
ЭБ _{1,0000}	28	1,1±0,1	0,9±0,1
ЭБ _{10,000}	12	1,0±0,1	0,7±0,2
	HCP _{0,05}	0,2	0,3
	HCP _{0,01}	0,3	0,5

Выявлено достоверное увеличение количества побегов в вариантах опыта с 0,001; 0,01; 0,1; 10 мг/л ЭБ по сравнению с контролем в условиях светодиодного освещения и в варианте с 0,0001 мг/л ЭБ в условиях люминесцентного освещения. Длина побегов высоко достоверно увеличивалась в варианте опыта с 0,01 мг/л ЭБ по сравнению с контролем в условиях светодиодного освещения и в варианте с 0,001 мг/л ЭБ в условиях люминесцентного освещения.

Отмечена тенденция увеличения количества стерильных, активно регенерирующих эксплантов при повышении концентрации ЭБ в диапазоне 0,0001–0,1 мг/л по сравнению с контролем при светодиодном освещении. В целом, в большинстве вариантов опыта с ЭБ при обоих типах освещения выход стерильных, активно регенерирующих эксплантов был больше, чем в контроле. Максимальное значение данного показателя (28%) было в варианте с 0,1 мг/л ЭБ при светодиодном освещении и в варианте с ЭБ 1,0 мг/л при люминесцентном освещении.

Таблица 3
Двухфакторный дисперсионный анализ изменчивости
количественных показателей у эксплантов ели европейской в культуре *in vitro*

ИВ	df	КП, шт.		ДП, см		КСХ, шт.	
		СК	ДВ,%	СК	ДВ,%	СК	ДВ,%
Общее	27	0,167	100,000	0,234	100,000	3,751	100,000
Фактор А	1	0,054	1,195	0,226	3,569	0,389	0,384
Фактор Б	6	0,302	40,129	0,189	17,889	8,387	49,680
АхВ	6	0,141	18,762	0,112	10,593	0,456	2,699
Повторности	1	0,211	4,665	0,990	15,639	2,117	2,091
Случайные отклонения	13	0,123	35,249	0,255	52,310	3,517	45,147

Примечание: ИВ — источник варьирования; df — число степеней свободы; СК — средний квадрат; ДВ — доля влияния фактора; фактор А — источник освещения (светодиодное, люминесцентное); фактор В — концентрации ЭБ (0,0000 мг/л, 0,0001 мг/л; 0,0010 мг/л; 0,0100 мг/л; 0,1000 мг/л; 1,0000 мг/л; 10,0000 мг/л).

Двухфакторный дисперсионный анализ не установил достоверного влияния исследуемых факторов на изменчивость анализируемых показателей, тем не менее, показана высокая доля влияния фактора «концентрация ЭБ» на изменчивость количества побегов (40%), длины побегов (18%) и количества семядольных хвоинок (50%).

Список литературы

1. Ewald D. A system for repeatable formation of elongating adventitious buds in Norway spruce tissue cultures / D. Ewald, R. Suss // *Silvae Genetica*. — 1993. — Vol. 42. — P. 169–175.
2. Филиппова И. П. Адвентивное почкообразование и каллусогенез у сибирских видов хвойных в культуре *in vitro* / И. П. Филиппова. — Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. — Красноярск, 2010. — 23 с.
3. Trigiano R. N. Plant tissue culture concepts and laboratory exercises / R. N. Trigiano, D. J. Gray. — US/MA, CRC Press LLC, 1999–2000. — 454 p.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. — М., 1985. — 351 с.
5. Боровиков В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. — СПб., 2001. — 650 с.
6. Аношенко Б. Ю. Программы анализа и оптимизации селекционного процесса растений / Б. Ю. Аношенко // *Генетика*. — 1994. — Т. 30. — Приложение. — С. 8–9.

Разработка технологии биовосстановления ионов серебра в наночастицы с использованием экстрактов лекарственных растений

Чижи́к О. В.¹, Ковзунова О. В.¹, Мазур Т. В.¹, Кузовкова А. А.²

¹ *Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, Беларусь, chizhikolga17@gmail.com*

² *Научно-практический центр гигиены, г. Минск, Беларусь*

Резюме. Проведен скрининг растений и растительных *in vitro* культур на повышенное накопление биологически активных веществ (БАВ), являющихся восстанавливающими агентами для нитрата серебра. Подобраны способы получения растительных экстрактов. Получены данные по количественному содержанию фенольных соединений в экстрактах и *in vitro* культурах лекарственных растений. Дана оценка влияния разных концентраций нитрата серебра, времени синтеза, температуры и pH реакционной среды на количество синтезированных наночастиц серебра.

The technology of the silver ions bioreduction in nanoparticles elaboration using medicinal plants extracts. Chizhik O. V., Kovzunova O. V., Mazur T. V., Kuzovkova A. A. **Summary.** Medicinal plants and *in vitro* plant cultures have been screening on the content of biologically active substances (BAS) which are the reducing agents for silver nitrate. Methods of plant extracts obtaining have been selected. The data on the quantitative content of phenolic compounds in extracts of medicinal plants and *in vitro* cultures have been obtained. The effect of different concentrations of silver nitrate and reducing agents, synthesis time, the temperature and pH of the reaction medium influence on the number of synthesized silver nanoparticles synthesis have been determined.

В настоящее время бурно развивается область нанотехнологий, связанная с получением, изучением и применением частиц чистых элементов и их соединений. Наночастицы обладают высокой биологической активностью. Имея малые размеры (<100 нм), наночастицы способны проходить мембранные барьеры живых организмов, что нашло широкое применение в медицине, биологии и промышленности [1].

Для получения наночастиц в промышленных масштабах применяют различные физические и химические методы, сопряженные с риском и потенциальной опасностью для окружающей среды и живых организмов. Существует очевидная потребность в альтернативных экономически эффективных и в то же время безопасных и экологически чистых методах производства наночастиц. В последние годы стали развиваться новые «зеленые», эко-дружелюбные технологии биогенного синтеза наночастиц с использованием живых организмов в качестве «биофабрик», в которых наночастицы образуются путем восстановления растворимых солей металлов [2]. В настоящее время биогенный синтез наночастиц металлов с использованием растительных систем (растительных экстрактов и *in vitro* культур растений) стал альтернативой физико-химическим подходам [1]. Производство наночастиц с использованием растений имеет важные преимущества перед другими биологическими системами. Низкая

стоимость выращивания, короткие сроки производства, безопасность и возможность регуляции необходимого объема продукции делают растения привлекательной платформой для синтеза наночастиц [1, 2].

При разработке технологии биогенного синтеза наночастиц с использованием растений важным этапом является выбор кандидатур на роль «биофабрик» и поставщиков восстанавливающих агентов. В качестве восстановителя ионов металлов в наночастицы могут выступать растительные фенольные соединения, обладающие сильными окислительно-восстановительными свойствами [1, 3], поэтому с этих позиций лекарственные растения — лучшие кандидатуры. Большое влияние на формирование наночастиц оказывают рН и температура растительного экстракта [1, 3, 4]. Установлению их оптимальных значений необходимо уделить особое внимание при разработке данной технологии. Изменение рН приводит к изменению заряда природных фитореагентов в составе экстракта, что влияет на их способность связывать и восстанавливать катионы и анионы металлов в процессе синтеза наночастиц, а это, в свою очередь, может влиять на их форму, размер и выход [3]. Повышение температуры способствует увеличению скорости реакции и эффективности синтеза наночастиц [5].

Цель исследований — установить условия биогенного синтеза наночастиц серебра с использованием экстрактов лекарственных растений.

Объектами исследования служили лекарственные растения и *in vitro* культуры лекарственных растений из коллекции отдела биохимии и биотехнологии растений ЦБС. Приготовление экстрактов исследуемых образцов лекарственных растений проведено по [6] с нашими модификациями. Суммы полифенолов определяли по [7], измерения проводили на фотоколориметре SOLAR при длине волны 765 нм в кювете толщиной 1 см. Все анализы проводили в трехкратной повторности, полученные результаты статистически обрабатывали с использованием компьютерной программы Statistica 7.0, изменения считали достоверными при $p < 0,05$.

На рис. 1 и табл. 1 представлено суммарное содержание фенольных соединений в экстрактах *in vitro* культур и листьев *Silybum marianum*, *Agastache rugosa*, *Melittis sarmatica*, *Digitalis purpurea*, экстракты которых являются хорошими восстанавливающими агентами для синтеза наночастиц серебра.

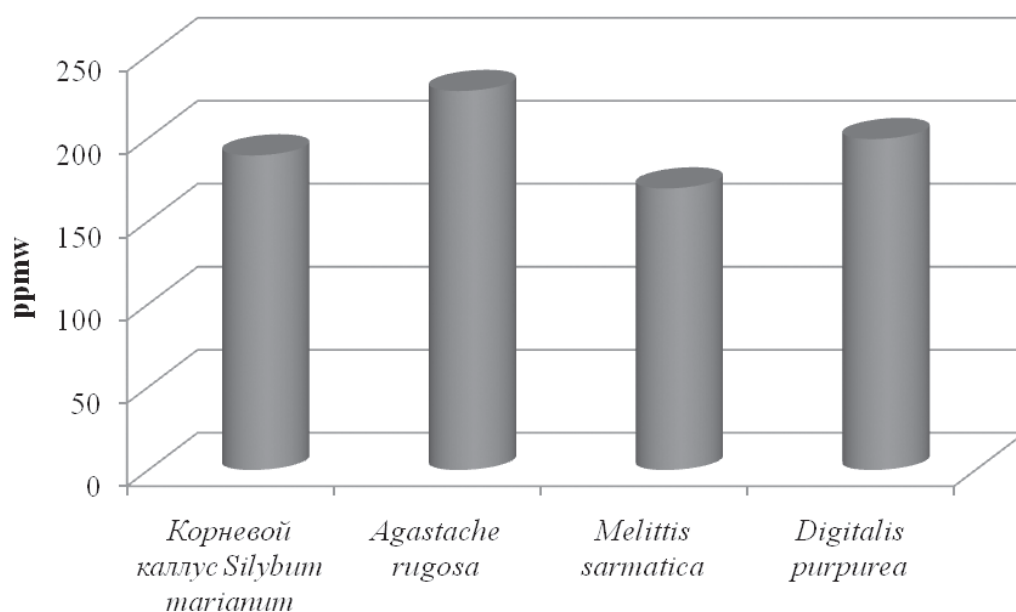


Рис. 1. Суммарное содержание фенольных соединений (ppmw) в *in vitro* культурах лекарственных растений (калусы *Silybum marianum*, *Agastache rugosa*, культуры побегов *Melittis sarmatica*, *Digitalis purpurea*)

Восстановление наночастиц металлов из их солей сопровождается изменением цвета раствора из-за возбуждения поверхностного плазмонного резонанса, что указывает на формирование наночастиц. Для изучения интенсивности процесса биовосстановления наночастиц серебра из нитрата серебра с помощью полученных растительных экстрактов использовали водные растворы AgNO_3 (Sigma) в концентрациях 1×10^{-1} моль/л, 1×10^{-2} моль/л, 1×10^{-3} моль/л. Реакцию проводили в темноте во избежание фотоактивации AgNO_3 , при комнатной температуре (18°C) и pH 6,0. Биовосстановление AgNO_3 до ионов серебра на данном этапе наших исследований оценивали по изменению окраски раствора. Из работ других исследователей [3, 5] известно, что наночастицы серебра, полученные биовосстановлением, представляют собой красно-бурую коллоидную смесь, т. е. чем больше синтезируется наночастиц серебра, тем более бурой будет окраска реакционной смеси. Как видно на рис. 2, в зависимости от природы экстракта и концентрации вносимого раствора AgNO_3 , окраска реакционной смеси варьировала от желтовато-зеленой до коричневой.

В табл. 2 представлены данные по времени развития окраски в экстрактах из *in vitro* культур лекарственных растений при комнатной температуре (18°C) и pH 6,0, т. е. времени, необходимого для формирования максимально возможного для данной культуры количества наночастиц серебра.

Таблица 1
Суммарное содержание фенольных соединений в листьях лекарственных растений (в пересчете на галловую кислоту, в мг/г сырого веса)

№ п/п	Культура	Среднее значение, мг/г сырого веса
1	<i>Agastache rugosa</i>	18,56±0,04
2	<i>Digitalis purpurea</i>	20,78±0,01
3	<i>Melittis sarmatica</i>	19,37±0,02
4	<i>Silybum marianum</i>	20,17±0,01

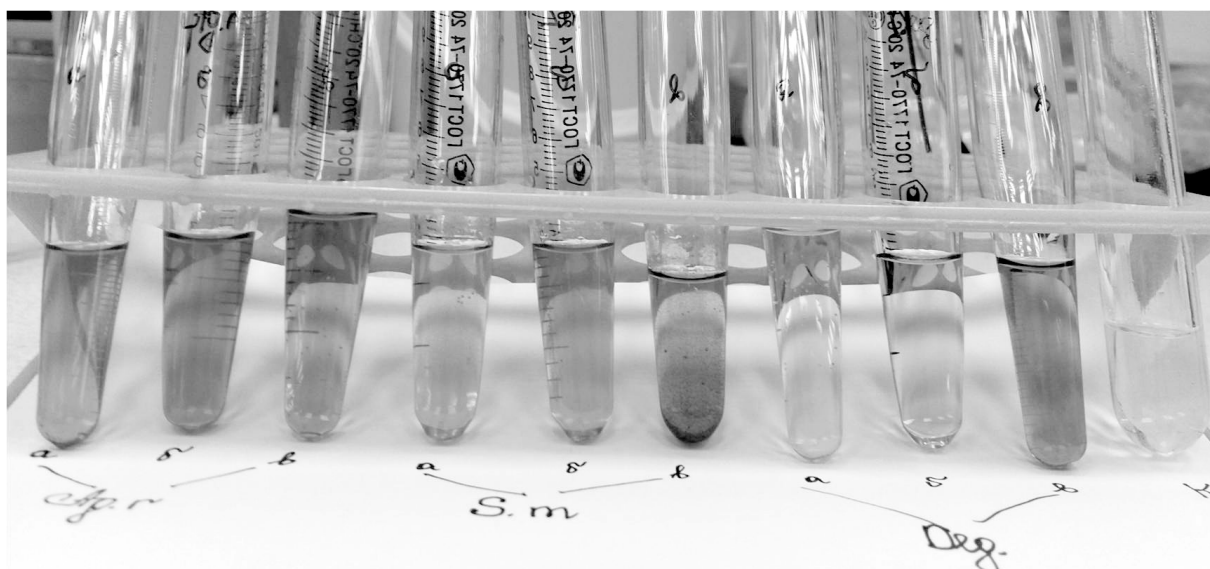


Рис. 2. Экстракты *in vitro* культур *Agastache rugosa*, *Silybum marianum*, *Digitalis purpurea*
Примечание: реакционная смесь, содержащая экстракты *in vitro* культур *Agastache rugosa*, *Silybum marianum*, *Digitalis purpurea* и водный раствор AgNO_3 в концентрациях 1×10^{-2} моль/л (а), 1×10^{-3} моль/л (б), 1×10^{-4} моль/л (в), К — контроль

Таблица 2

Время, необходимое для формирования максимально возможного количества наночастиц серебра в экстрактах из *in vitro* культур лекарственных растений с использованием водного раствора AgNO_3 в концентрации 1×10^{-2} моль/л

Культура	Время
<i>Silybum marianum</i> (корневой каллус)	13 мин
<i>Agastache rugosa</i> (каллусная культура)	10 мин
<i>Melitis sarmatica</i> (культура побегов)	20 мин
<i>Digitalis purpurea</i> (культура побегов)	16 мин

Показано, что наименьшее время, необходимое для формирования максимально возможного количества наночастиц серебра, характерно для экстрактов из *in vitro* культур *Agastache rugosa* (10 мин) и *Silybum marianum* (13 мин). Полученные данные коррелируют с высоким содержанием восстанавливающих агентов в этих экстрактах, особенно из каллуса *Agastache rugosa*. Наибольшее количество наночастиц серебра синтезировалось из экстракта корневого каллуса *Silybum marianum* с раствором AgNO_3 в концентрации 1×10^{-4} моль/л.

Как указывалось выше, большое влияние на формирование наночастиц оказывает рН растительного экстракта. Мы оценивали биовосстановление наночастиц серебра в растительных экстрактах при различных значениях рН: 1, 3, 5, 7, 9 и 11. Показано, что для образования наночастиц серебра в исследуемых экстрактах оптимальным является щелочное значение рН (максимум абсорбции реакционных смесей наблюдался при рН 9 и 11).

Другой важный физический фактор, влияющий на формирование наночастиц в экстрактах растений — температура. Был проведен ряд экспериментов, в которых реакционные смеси с водными растворами AgNO_3 в концентрациях 1×10^{-1} моль/л, 1×10^{-2} моль/л, 1×10^{-3} моль/л растворы в экстрактах лекарственных растений инкубировались при различных температурах (8, 18, 24, 35 и 45°C). В результате было установлено, что максимальный выход наночастиц серебра в экстракте *Agastache rugosa* наблюдался при концентрации AgNO_3 в растворе 1×10^{-2} моль/л и $t=24^\circ\text{C}$, в экстрактах *Silybum marianum* — при концентрации AgNO_3 1×10^{-2} моль/л и $t=18^\circ\text{C}$,

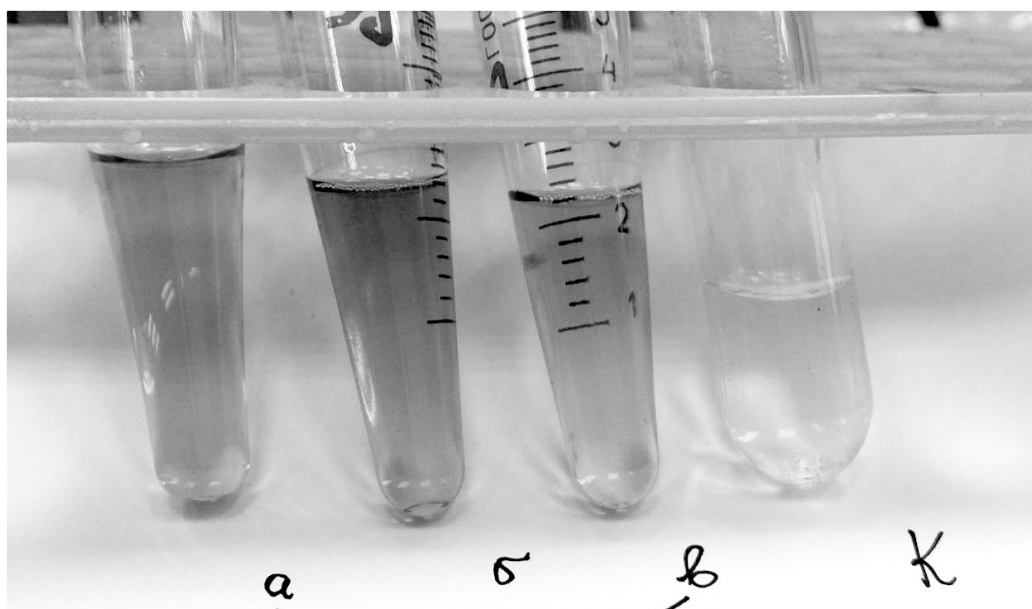


Рис. 3. Биовосстановление ионов серебра в наночастицы в экстракте *Melittis sarmatica* при температуре 35°C: а — концентрация AgNO_3 1×10^{-1} моль/л; б — 1×10^{-2} моль/л; в — 1×10^{-3} моль/л, К — контроль

Melittis sarmatica — 1×10^{-1} моль/л AgNO_3 и $t=35^\circ\text{C}$, *Digitalis purpurea* — 1×10^{-1} моль/л AgNO_3 и $t=24^\circ\text{C}$. На рис. 3 представлен результат эксперимента по образованию наночастиц в экстракте *Melittis sarmatica* с водным раствором AgNO_3 в различных концентрациях при температуре 35°C и pH 6,0.

Таким образом, нами установлены первичные условия биогенного синтеза наночастиц серебра с использованием различных экстрактов лекарственных растений. Максимальный выход наночастиц серебра показан для реакционной смеси экстракта из каллусной культуры *Silybum marianum* и водного раствора AgNO_3 в концентрации 1×10^{-3} моль/л, инкубированных при pH 9 и $t=18^\circ\text{C}$. Дальнейшие эксперименты будут направлены на выявление условий синтеза наночастиц серебра различной формы и размера.

Список литературы

1. Makarov V. V. «Green» Nanotechnologies: Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants. Acta nature, Vol 6, № 1 (20), 2014, P. 35–44.
2. Amit Kumar Mittal, Yusuf Chisti, Uttam Chand Banerjee. Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts. J. Biotechnology advances, 2013, Vol. 31, P. 346–356.
3. Егорова Е. М. Наночастицы металлов в растворах: биохимический синтез, свойства и применение. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора химических наук, Москва, 2011.
4. Rodríguez-León Ericka. Synthesis of silver nanoparticles using reducing agents obtained from natural sources (*Rumex hymenosepalus* extracts). Nanoscale Res Lett., 2013, Vol. 8(1), P. 318.
5. Lin L. Nature factory of silver nanowires: Plant-mediated synthesis using broth of *Cassia fistula* leaf. Chemical Engineering Journal, 2010, Vol. 162, Issue 2, P. 852–858.
6. Государственная фармакопея Республики Беларусь, в 3-х т., том 2, 2008, с. 381.
7. Riedl K. M. Tannin-protein complexes as radical scavengers and radical sinks. J. Agric. And Food Chem., 2001, Vol. 49, № 10, P. 4917–4923.

Вторичные метаболиты растений как маркеры внутривидового разнообразия растений

Чубарова А. С.¹, Капустин М. А.², Курченко В. П.²

¹ Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь,
chubarova.hanna@gmail.com

² Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

Резюме. Проведено исследование вторичных метаболитов плодов расторопши пятнистой методом ВЭЖХ и определено относительное содержание основных флаволигнанов: силибинина, силикристина, силидианина и изосилибинина в полученных силимаринах. Показано, что содержание силибинина и силидианина в исследованных силимаринах отличается, что позволило разделить все плоды на две группы: с преимущественным накоплением силибинина и с преимущественным накоплением силидианина. Предложен способ выявления внутривидового разнообразия расторопши пятнистой с помощью вычисления отношения силибинин/силикристин и силидианин/изосилибинин. Это разнообразие может быть объяснено наличием двух метаболических путей.

Plant secondary metabolites as possible markers for intraspecies diversity identification. Chubarova A. S., Kapustin M. A., Kurchenko V. P. **Summary.** The study of secondary metabolites of milk thistle fruit was held by means of HPLC. The relative content of the main flavolignans: silybinin, silycristin, silydianin and isosilybinin in silymarins were calculated. It was shown that the content of silybinin and silydianin in the silymarins differs, which made it possible to divide all the fruits into two groups: with the predominant accumulation of silybinin and with the predominant accumulation of silydianin. A method is proposed for revealing the intraspecies diversity of milk thistle with the help of calculating the ratio of silybinin/silycystrin and silydianin/isosilybinin. This diversity can be explained by the presence of two metabolic pathways.

Вторичные метаболиты присутствуют в клетках растений и играют важную роль в их жизнедеятельности. В тоже время, вторичные метаболиты растений успешно применяются человеком столетиями в качестве одних их самых эффективных и наименее токсичных лекарственных средств. Каждое растение способно синтезировать большое количество чрезвычайно сложных и необычных химических соединений. Существует, как минимум 120 различных химических веществ, которые были получены из растений и используются в качестве признанных лекарственных средств. Однако, в процессе открытия природных источников биологически активных веществ такие стандартные процедуры, как экстракция, выделение, определение, характеристика и тестирование на проявление ожидаемой биологической активности, могут привносить трудности, связанные с низким выходом целевых веществ, сложностью разделения, нестабильностью биологической активности [1].

В связи с тем, что растения играли важную роль в жизни человека на всем протяжении развития человеческого общества, хемосистематика зародилась достаточно давно. Люди классифицировали растения по полезности и опасности, что косвенно отражало их химический

состав. Предложение использовать вторичные метаболиты растений в качестве маркеров для систематики было выдвинуто более 200 лет назад, но ввиду большого числа ограничений, хемосистематика стала развиваться только в последние 80 лет. В 1935 году появляются работы, связанные с изучением распределения эфирных масел и алкалоидов в растениях семейства Angiospermae, а также первые сравнительные исследования содержания эфирных масел в растениях рода *Eucalyptus*. Эти исследования подтверждали различия по химическому составу растений разных таксонов, и указывали на возможность использования вторичных метаболитов как маркеров для выявления внутривидового разнообразия [2].

Объектом исследования были вторичные метаболиты растения семейства Asteraceae — расторопша пятнистая (*Silybum marianum* L.). Основными биологически активными веществами плодов расторопши пятнистой, являются флаволигнаны: силибинин, силикристин и силидианин, известные под общим названием — силимарин [3].

Установлено, что содержание биологически активных веществ в плодах расторопши пятнистой может колебаться в зависимости от условий произрастания растения: от климата, влажности, текстуры почвы, высотой над уровнем моря и освещенности, а также от техники культивирования и использования удобрений. Однако, было показано, что растения, выращенные в одинаковых условиях также могут обладать различиями в соотношении флаволигнанов в пределах одного вида [4].

Вероятно, эти различия могут быть связаны с процессом биосинтеза флаволигнанов. Предшественниками флаволигнанов являются таксифолин и фенилпропаноиды, которые в результате окислительной конденсации с участием ферментных систем растения образуют флаволигнаны [5]. Анализ химических процессов, происходящих в процессе образования флаволигнанов показывает (рис. 1), что окисление таксифолина по 4'-ОН группе приводит к образованию резонансного радикала O4'/C-5', окислительное сочетание одной из двух резонансных форм которого с радикалом кониферилового спирта и дальнейшей циклизацией дает либо силибинин либо силикристин. Окисление таксифолина по 3'-ОН группе с образованием резонансного радикала O3'/C-2' приводит к образованию пары силидианин-изосилибинин, а также к изосиликристину. Таким образом, обнаружены два биогенетически детерминированных природных комплекса флаволигнанов в составе силимарина: силибинин-силикристин и силидианин-изосилибинин, которые необходимо учитывать при изучении биологических свойств расторопши пятнистой [6].

Нами было проведено исследование состава стереоизомеров флаволигнанов в плодах расторопши пятнистой, полученных из различных ботанических садов Европы методом ВЭЖХ.

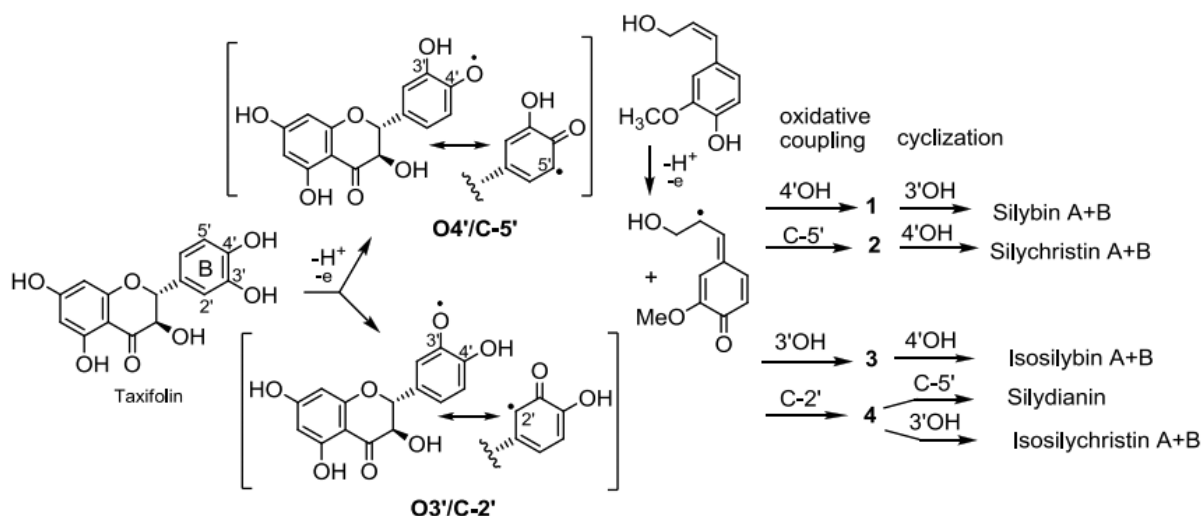


Рис 1. Схема биосинтеза основных флаволигнанов расторопши [6]

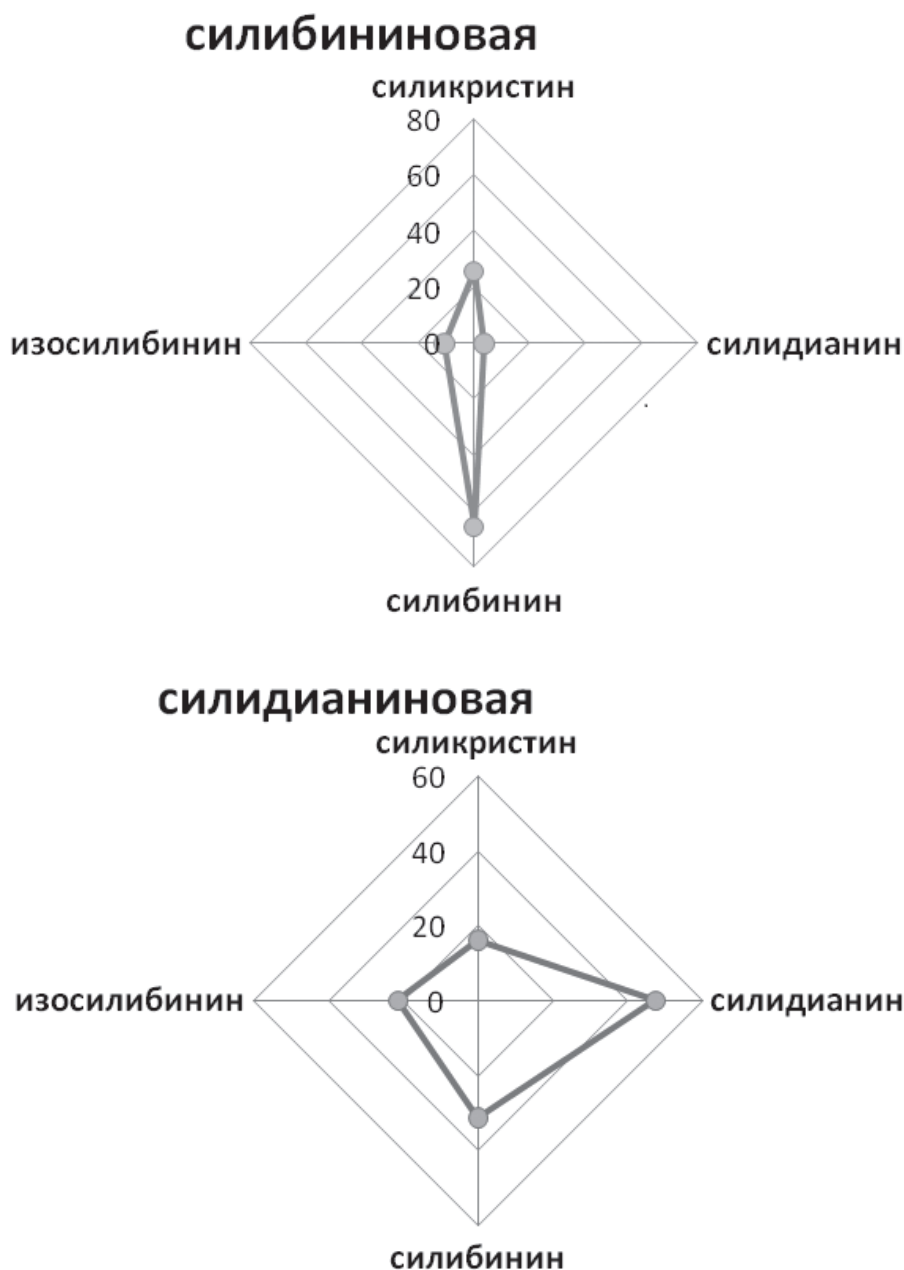


Рис. 2. Соотношение относительного содержания флаволигнанов в двух группах расторопши пятнистой

Показано, что количественный состав основных флаволигнанов и их соотношение в исследованных силимаринах отличается. По преимущественному содержанию силибинина или силидианина все исследованные силимаринны могут быть разделены на две большие группы. Опираясь на результаты собственных исследований и исследований украинских авторов [6], можно графически представить соотношение флаволигнанов в каждой из групп расторопши пятнистой (рис. 2).

Следует отметить, что относительное содержание силибинина или силидианина не является релевантным показателем для характеристики внутривидового разнообразия расторопши пятнистой. Для оценки внутривидового разнообразия расторопши пятнистой было предложено использовать отношения основных компонентов биогенетически детерминированных природных комплексов флаволигнанов: силибинин/силикристин и силидианин/изосилибинин.

Для первой группы с преобладающим содержанием силибинина соотношение силибинин/силикрестин должно быть больше соотношения силидианин/изосилибинин в ≈ 5 –8 раз. Для второй группы с преобладающим содержанием силидианина эти соотношения должны быть приблизительно равны.

Таким образом, было показано, что внутри вида расторопша пятнистая существует разнообразие, которое может быть идентифицировано с помощью определения относительного содержания основных флаволигнанов: силибинина, силикрестина, силидианина и изосилибинина. Это разнообразие может быть объяснено наличием двух метаболических путей, которые приводят к образованию разных промежуточных соединений. Вычисление соотношения силибинин/силикрестин и силидианин/изосилибинин позволяет определить группу, к которой принадлежат исследуемые плоды: с преимущественным накоплением силибинина или силидианина. Полученные данные показывают внутривидовое разнообразие расторопши пятнистой по вторичным метаболитам, а найденные закономерности могут лечь в основу хемосистематики данного вида.

Список литературы

1. Strivastava S. Genetic markers — a cutting-edge technology in herbal drug research. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 2009, 1 (1), 1–18.
2. Wink M. Chemotaxonomy in relation to molecular phylogeny of plants. *Annual Plant Reviews*, 1999, 2, 300–341.
3. Corchete P. *Silybum marianum* (L.) Gaertn: the source of silymarin. *Bioactive molecules and medicinal plants*. Springer Berlin Heidelberg, 2008, 123–148.
4. Shokrpour M. Genetic properties of milk thistle ecotypes from Iran for morphological and flavonolignans characters. *Pak. J. Biol. Sci*, 2007, 10 (19), 3266–3271.
5. Pelter A. The structure of silybin (silybum substance E6), the first flavonolignan. *Tetrahedron Letters*, 1968, 9 (25), 2911–2916.
6. Середя А. В. Закономерности биосинтеза флаволигнанов расторопши. Биологически активные вещества растений — изучение и использование: материалы международной научной конференции. Минск: ГНУ «Центральный ботанический сад Академии наук Беларуси», 2013, 198–199.

Трансгенные растения, экспрессирующие ген *Arabidopsis thaliana* NDB2 как модель для изучения реакции растения на стресс

Шишлова-Соколовская А. М.¹, Урбанович О. Ю.¹,
Федосеева И. В.², Боровский Г. Б.²

¹ Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси, Беларусь, s_anastasia78@mail.ru

² Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук, borovskii@sifibr.irk.ru

Резюме. Методом агробактериальной трансформации листовых дисков линии табака *Nicotiana tabacum* cv. Petit Havana SR1 были получены трансгенные растения T₀ поколения. В качестве целевого гена был использован ген «внешней» нефосфорилирующей NADH-дегидрогеназы (*ndb2*) из *Arabidopsis thaliana*. В область T-ДНК штамма *Agrobacterium tumefaciens* EHA105 методом трехродительского скрещивания была перенесена плаزمида pBI121_antiNDB2, несущая ген *ndb2* в антисмысловой ориентации под контролем конститутивного 35S PHK CaMV промотора и нопалин-синтазога терминатора NOS, и селективный ген *nptII* под контролем *nos*-промотора. Методом ОТ-ПЦР была показана транскрипционная активность гена *ndb2* в трансгенных растениях T₀ поколения.

Transgenic plants expressing the Arabidopsis thaliana NDB2 genes as a model for studying the stress reaction. Shishlova-Sokolovskaya A. M., Urbanovich O. Yu., Borovskii G. B., Fedoseeva I. V.

Summary. Transgenic plants, belonging to T₀ generation with viable seed progeny, were developed by an agrobacterial transformation technique of leaf discs of *Nicotiana tabacum* cv. Petit Havana SR1 tobacco line. A gene of «external» non-phosphorylating NADH-dehydrogenase (*ndb2*) from *Arabidopsis thaliana* was used as a target gene. pBI121_antiNDB2 plasmid, carrying *ndb2* gene in the antisense orientation controlled by constitutive 35S PHK CaMV promoter and nopaline synthase (NOS) terminator as well as selective *nptII* gene controlled by NOS-promoter, was transferred in T-DNA region of *Agrobacterium tumefaciens* EHA105 strain by the triparental crossing technique. Transcriptional *ndb2* gene activity in the transgenic plants of T₀ generation was shown by the RT-PCR method.

На сегодняшний день использование методов современной биотехнологии позволяет расширить генетический потенциал различных видов растений и привнести с помощью введения гетерологичных генов новые признаки, которые невозможно приобрести, используя традиционные методы селекции. Одним из важнейших признаков, имеющих большое значение как для культур агропромышленного комплекса, так и для декоративных и ботанических видов, является устойчивость к абиотическим стрессовым факторам окружающей среды.

Важной особенностью ответной реакции растения на стрессовый фактор является изменение напряженности энергетического обмена. Митохондрии являются одной из главных мишеней окислительного повреждения при стрессе. В состоянии стресса цитохромный путь дыхания (комплекс I) снижается и возрастает альтернативный путь (комплекс II). В результате такого переключения в клетках растений начинают функционировать альтернативные (второго

типа, или NDII) внешние и внутренние NAD(P)H дегидрогеназы. При этом происходит увеличение транскриптов и как следствие количества зрелого белка альтернативной оксидазы (АО), что в свою очередь приводит к коэкспрессии ретенон-нечувствительных НАД(Ф)Н-дегидрогеназ (НАД(Ф)Н-ДГ II типа) [1–3]. У растений арабидопсиса обнаружены три группы NAD(P)H-дегидрогеназ: NDA, NDB, NDC [4, 5]. Точные физиологические функции белков семейства NDII не выяснены. Считается, что последние вместе с альтернативной оксидазой (АОХ) участвуют в формировании нефосфорилирующей дыхательной цепи при окислительном стрессе и в подавлении генерации АФК [1].

Одним из способов изучения физиологических функций белков семейства NDII могут быть методы генетической инженерии. Используя данные методы можно блокировать синтез как всех белков семейства NDII, так и в отдельности каждого. Однако при выключении всего комплекса белков семейства NDII невозможно получить жизнеспособное семенное потомство. В работах Wallström показано, что удалось получить растения с подавленным синтезом отдельных белков данного семейства [6].

Большой интерес представляет белок NDB2. Физиологические функции данного белка окончательно не выяснены. Предполагается, что данный белок участвует в процессах устойчивости растений к окислительному, низкотемпературному и другим абиотическим стрессам. В растениях арабидопсиса с помощью RNAi был уменьшен синтез NDB4, вследствие чего значительно увеличился синтез NDB2 и АОХ1 а, что привело к уменьшению образования АФК клетками, солеустойчивости, изменениям в скорости развития и фенотипе растений. Кроме того, показано участие «внешней» NADH-дегидрогеназы в развитии морозоустойчивости у проростков озимой пшеницы [6, 7].

Целью данного исследования является получение трансгенных растений *Nicotiana tabacum*, экспрессирующих ген «внешней» нефосфорилирующей NADH-дегидрогеназы (*ndb2*) из *Arabidopsis thaliana* в антисмысловой ориентации. Предполагается, что ген *ndb2* посредством изменения количества АФК влияет на функционирование митохондрий, экспрессию генов, вовлеченных в стрессовый ответ, и адаптацию растений к стрессовым факторам.

В качестве объекта для изучения функции гена *ndb2* использовалась линия табака *Nicotiana tabacum* cv. *Petit Havana SR1*. На основе данной линии были созданы трансгенные растения, несущие в геноме ген *ndb2* в обратной ориентации.

Нуклеотидная последовательность гена *ndb2* из *Arabidopsis thaliana* (NM_116741.3, база данных NCBI) и базовый вектор рВ1121 были использованы для создания плазмиды рВ1121_NDB2, содержащей ген *ndb2* в прямой ориентации [8]. На основе плазмиды рВ1121_NDB2 Савчиным Д. В. была создана генетическая векторная конструкция рВ1121_antiNDB2, несущей ген *ndb2* в антисмысловой ориентации (рис. 1).

Генетическая конструкция рВ1121_antiNDB2 содержит гетерологичный гена *ndb2* в антисмысловой ориентации под контролем конститутивного 35S РНК CaMV промотора и нопа-лин-синтазога терминатора NOS, и селективный ген *nptII* под контролем *nos*-промотора. Ген *nptII* позволяет проводить отбор устойчивых к канамицину трансформантов.

Для создания трансгенных растений табака *Nicotiana tabacum* cv. *Petit Havana SR1*, несущих в своем геноме ген *ndb2* в обратной ориентации, была использована векторная конструкция рВ1121_antiNDB2. На первом этапе на основе агробактериального штамма *A. tumefaciens* EHA105 были получены рекомбинантные клоны с целевой векторной конструкцией методом трехродительского скрещивания. Наличие целевой вставки подтверждали методом ПЦР со специфичными праймерами. Полученные рекомбинантные штаммы использовали в дальнейшем в экспериментах для агробактериальной трансформации растений табака.

Введение гена *ndb2* осуществлялось посредством агробактериальной трансформации листовых дисков 3–4-недельных растений табака, выращенных в асептических условиях.

В результате эксперимента по агробактериальной трансформации растений табака векторной конструкцией рВ1121_antiNDB2 получено 68 регенерантов, из которых 40 укоренились на среде для ризогенеза с селективным агентом канамицином в концентрации 50 мг/л.

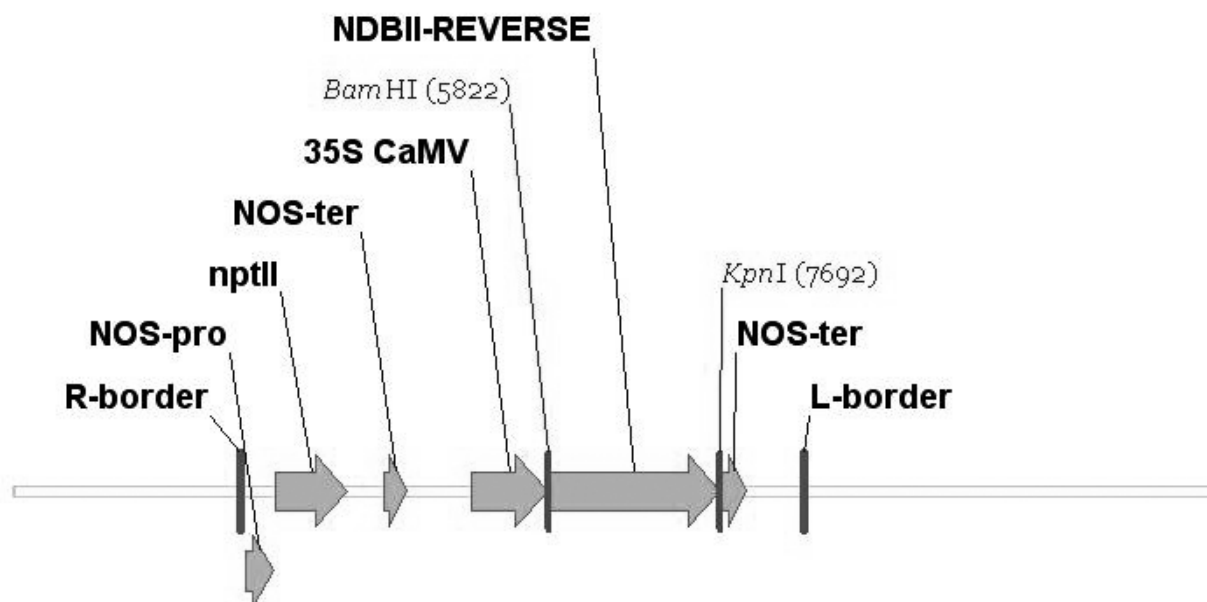


Рис. 1. Схема векторной конструкции рВ1121_antiNDB2: R-border, L-border — правый и левый концевые повторы области Т-ДНК; NOS-pro — промотор нопалин-синтазы; *nptII* — ген неомифосфотрансферазы II типа; NOS-ter — терминатор нопалин-синтазы; 35S CaMV — 35S РНК CaMV промотор; *NDBII-REVERSE* — ген «внешней» нефосфорилирующей НАДФ-Н дегидрогеназы в антисмысловой ориентации; *BamHI*, *KpnI* — сайты узнавания эндонуклеазами рестрикции

Наличие гетерологичной инсерции *ndb2* в антисмысловой ориентации определяли методом ПЦР с праймерами antiNDB2F и antiNDB2R. С помощью ПЦР анализа было отобрано 34 растения табака, в геноме которых подтверждено присутствие целевой вставки.

С целью подтверждения экспрессии гетерологичного гена в растительном геноме проведен ОТ-ПЦР анализ. В ходе амплификации кДНК с праймерами, соответствующими целевому гену *ndb2* в антисмысловой ориентации, был выявлен фрагмент, соответствующий позитивному контролю (плазмида рВ1121_antiNDB) и теоретически ожидаемому размеру ампликона 1884 п. н. Присутствие целевого фрагмента подтверждает факт транскрипции чужеродного гена в растительном геноме. Растения T_0 поколения, экспрессирующие ген *ndb2* в антисмысловой ориентации, дали жизнеспособное семенное потомство.

В результате проделанной работы методом агробактериальной трансформации получены трансгенные растения табака, несущие в геноме гетерологичный ген *ndb2* из *Arabidopsis thaliana* в антисмысловой ориентации. С помощью методов ПЦР и ОТ-ПЦР показана инсерция гетерологичной вставки и транскрипция целевого гена *ndb2* в обратной ориентации в растительном геноме.

Полученные трансгенные растения и их биохимический и молекулярно-генетический анализ позволят пролить свет на реализацию программы стресс-сигналинга и адаптационные механизмы устойчивости растительного генома к биотическим и абиотическим стрессовым факторам.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке грантов БРФФИ Б16Р-050 и РФФИ № 16-54-00070.

Список литературы

1. Moller I. M. Plant mitochondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolism of reactive oxygen species. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 2001. V. 52. P. 561–591.
2. Finnegan P. E., Soole K. L., Umbach A. L. Alternative mitochondrial electron transport proteins in higher plants. In *Plant Mitochondria: From Genome to Function*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Edited by Day D. A., Millar H. and Whilan J. P. 163–230.
3. Svensson A. S., Rasmusson A. G. Light-dependent gene expression for proteins in the respiratory chain of potato leaves. *Plant J.* 2001. V. 28. P. 73–82.
4. Escobar Matthew A., Franklin Keara A., Svensson Å. Staffan, Salter Michael G., Whitelam Garry C., Rasmusson Allan G. Light regulation of the *Arabidopsis* respiratory chain. Multiple discrete photoreceptor responses contribute to induction of type II NAD(P)H dehydrogenase genes. *Plant Physiol.* 2004. V. 136(1). P. 2710–2721.
5. Millar A. H., Whelan J., Soole K. L., Day D. A. Organization and regulation of mitochondrial respiration in plants // *Annu. Rev. Plant Biol.* — 2011. — V. 62. — P. 79–104.
6. Wallström S., Florez-Sarasa I., Araújo W. L., Escobar M. A., Geisler D. A., Aidemark M., Lager I., Fernie A. R., Ribas-Carbó M., Rasmusson A. G. Suppression of NDA-type alternative mitochondrial NAD(P)H dehydrogenases in *Arabidopsis thaliana* modifies growth and metabolism, but not high light stimulation of mitochondrial electron transport. *Plant & Cell Physiol.* 2014. V. 55. N 5. P. 881–896.
7. Smith C., Barthelet M., Melino V., Smith P., Day D., Soole K. Alterations in the mitochondrial alternative NAD(P)H dehydrogenase NDB4 lead to changes in mitochondrial electron transport chain composition, plant growth and response to oxidative stress. *Plant Cell Phys.* 2011. V. 52. P. 1222–1237.
8. Савчин Д. В., Кузмицкая П. В., Урбанович О. Ю., Федосеева И. В., Боровский Г. Б. Создание трансгенных растений *Nicotiana tabacum* с геном *ndb2 Arabidopsis thaliana* для изучения влияния на стресс. *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук.* 2017. № 1. С. 54–61.

Antimicrobial properties of an epiphytic orchid *Coelogyne assamica* Linden & Rchb. f. against *Pseudomonas aeruginosa*

Buyun L.¹, Tkachenko H.², Osadowski Z.²,
Kovalska L.¹, Gyrenko O.¹

¹ M. M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine,
Timiryazevska Str. 1, Kyiv, Ukraine

² Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University in Slupsk,
Arciszewski Str. 22 b, 76-200 Slupsk, Poland

Summary. In the present study we demonstrated the antibacterial potential of the crude extracts obtained from the leaves of *Coelogyne assamica* Linden & Rchb. f. (Orchidaceae) prepared in different solvents against *Pseudomonas aeruginosa*, a ubiquitous gram-negative opportunistic pathogen. The leaves of *C. assamica* were sampled at M. M. Gryshko National Botanical Garden (Kyiv, Ukraine). The testing of antibacterial activity of the plant extract was carried out *in vitro* by Kirby-Bauer disc diffusion technique. The ethanolic extracts from leaves of *C. assamica* exhibited good activity against *P. aeruginosa* (diameters of inhibition zone ranged from 10 mm and 15 mm), while methanolic extract revealed mild activity (9–13 mm). Moreover, it has been observed that ethyl acetate, hexane and dichloromethane extracts obtained from leaves of *C. assamica* revealed weak antibacterial activity against *P. aeruginosa*.

Keywords: *Coelogyne assamica* Linden & Rchb. f., *Pseudomonas aeruginosa*, antimicrobial activity, disc diffusion technique

Антимикробные свойства эпифитной орхидеи *Coelogyne assamica* Linden & Rchb. f. в отношении *Pseudomonas aeruginosa*. Буюн Л. И., Ткаченко Г. М., Осадовский З., Ковальская Л. А., Гиренко А. Г. **Резюме.** Цель данного исследования состояла в осуществлении скрининга антимикробной эффективности неочищенных экстрактов, полученных из листьев *C. assamica* (Orchidaceae) в разных системах растворителей, в отношении *Pseudomonas aeruginosa*, ubiquitous микроорганизма, являющегося возбудителем оппортунистических инфекций. Образцы листьев *C. assamica* были отобраны в НБС им. Н. Н. Гришко НАН Украины. Антимикробную активность *in vitro* определяли с помощью диско-диффузионного метода Байера-Кирби. Этанольный экстракт листьев *C. assamica* выявил умеренную активность в отношении *P. aeruginosa* (диаметр зоны ингибирования 10–15 мм), в то время как противомикробная активность метанольного экстракта оказалась менее выраженной (9–13 мм). К тому же, было установлено, что экстракты с использованием этилацетата, гексана и дихлорметана, выявили слабую противомикробную активность в отношении *P. aeruginosa*.

Ключевые слова: *Coelogyne assamica* Linden & Rchb. f., *Pseudomonas aeruginosa*, антимикробная активность, диско-диффузионный метод.

Introduction

Medicinal plant products exhibiting antimicrobial activity continue to be the subject of extensive research aimed at the development of new therapeutic agents for the treatment of various infectious diseases. The increased resistance of pathogens to conventional synthetic drugs and the common side

effects of antimicrobial agents have encouraged the search for novel therapeutic alternatives. Consequently, there has been an increasing interest in the study of plant secondary metabolites as sources of bioactive compounds for drug development (Newman and Cragg 2012).

Orchids are valuable ornamental plants and they are also well known for their medicinal uses. The previous studies on orchids have found the various activities of metabolites and extracts of different orchid species in the treatment of various diseases (Pant 2013). To date many of the *in vitro* studies have examined the antimicrobial properties of various orchids species, in particular, those which are distributed in tropical regions with high level of biodiversity (China, India, South-East Asia), probably, because of the long-lasting interest in alternative plant-derived agents for use in developing countries of the world (Pant 2013, Pramanick 2016). Unfortunately, many of these orchids have become increasingly rare due to over-collection as ornamental and medicinal plants.

Meanwhile, living plant collections of tropical orchids, accumulated at the Botanical Gardens worldwide remain overlooked as the potential source of compounds with a wide range of biological activity (Buyun et al. 2015). Consequently, until recently some *Coelogyne* species have been screened for their medicinal properties. As a result, our research group has reported the antibacterial properties of *Coelogyne* plants grown under glasshouse conditions against Gram-negative and Gram-positive microorganisms and fungi (Buyun et al. 2016, Tkachenko et al. 2016).

Although antimicrobial properties of various *Coelogyne* species against pathogenic microorganisms have been demonstrated (Sahaya et al. 2013, Pramanick 2016), there is still a lack of information about antimicrobial potential of many *Coelogyne* species. Therefore, the present study was undertaken to evaluate the antimicrobial activity of the crude extracts obtained from the leaves of *Coelogyne assamica* Linden & Rchb. f. prepared in different solvents against *Pseudomonas aeruginosa*, a ubiquitous gram-negative opportunistic pathogen.

Coelogyne assamica is an epiphytic orchids species originated from South-East Asia and occurring in primary mountain forests at the elevation between 1000–2500 m (Averyanov et al. 2003). Its conservational status in the wild was assessed as rare and vulnerable (Averyanov and Averyanova 2003). Therefore, it should be noted that maintenance of orchid collections in *ex situ* conditions, propagation of these unique plants by *in vitro* techniques, in particular the orchids possessing medicinal properties, can be considered as options able to reduce the decline of natural orchid populations due to its over-exploitation as medicinal and ornamental plants.

Material and methods

The leaves of *C. assamica* plants, cultivated under glasshouse conditions, were sampled at M. M. Gryshko National Botanical Garden (NBG), National Academy of Science of Ukraine. Since 1999, the whole collection of tropical and subtropical plants (including orchids) has the status of a National Heritage Collection of Ukraine (Fig. 1). Besides that, NBG collection of tropical orchids was registered at the Administrative Organ of CITES in Ukraine (Ministry of Environmental Protection, registration No. 6939/19/1-10 of 23 June 2004). Freshly leaves were washed, weighted, crushed, and homogenized in 96% ethanol, methanol, ethyl acetate, hexane, and dichloromethane (in proportion 1:19) at room temperature. Antimicrobial activity was determined using the agar disk diffusion assay (Bauer et al. 1966).

Culture of *P. aeruginosa* (ATCC 27583) was suspended in sterile solution of 0.9% normal saline and the turbidity adjusted equivalent to that of a 0.5 McFarland standard. Culture was inoculated onto Mueller-Hinton (MH) agar plates. Sterile filter paper discs impregnated with extracts were applied over each of the culture plates. Isolates of bacteria were then incubated at 37°C for 24 h. The plates were then observed for the zone of inhibition produced by the antimicrobial activity of *C. assamica*. A negative control disc impregnated with sterile ethanol, methanol, ethyl acetate, hexane, and dichloromethane was used in each experiment. The antimicrobial activities of the extracts tested were evaluated at the end of the inoculated period by measuring the inhibition zone diameter around each paper disc in millimeters. The plates were observed and photographs were taken. For each extract, six replicate trials were conducted against bacterial strain. Zone diameters were determined and averaged. All statistical calculation was performed on separate data from each extracts.



Fig. 1. *Coelogyne assamica* plants cultivated at M. M. Gryshko National Botanical Garden glasshouses: a — pseudobulbs with new developing shoots; b — an external view of *C. assamica* flower

Results and discussion

Studies on the properties of leaf and pseudobulb extracts, derived from *Coelogyne* species have increased in recent years due to its potential therapeutic effects against various diseases, such as infections, cancer and conditions associated with oxidative stress (Kovács et al. 2008, Sahaya et al. 2013, Pramanick 2016). In the present study we demonstrated the antibacterial potential of the crude extracts obtained from the leaves of *C. assamica* prepared in different solvents against *Pseudomonas aeruginosa* (Figs 2 and 3).

Our findings have shown that among the leaf extracts of *C. assamica*, ethanolic extract of leaf had higher inhibition of *P. aeruginosa* growth (diameters of inhibition zone ranged from 10 mm and 15 mm), followed by methanolic extract which revealed mild activity (9–13 mm). However, the results produced by ethyl acetate, hexane and dichloromethane extracts obtained from leaves of *C. assamica* were found to be weaker than that produced by the former solvent extracts of leaf against *P. aeruginosa*. The some variations in results between the disc diffusion can be due to various solvents used to extract the plant compounds, the choice of extraction method, test concentration, the test microorganisms, the rate of bacteria growth, and the rate of plant extract diffusion (Ntombezingi 2009).

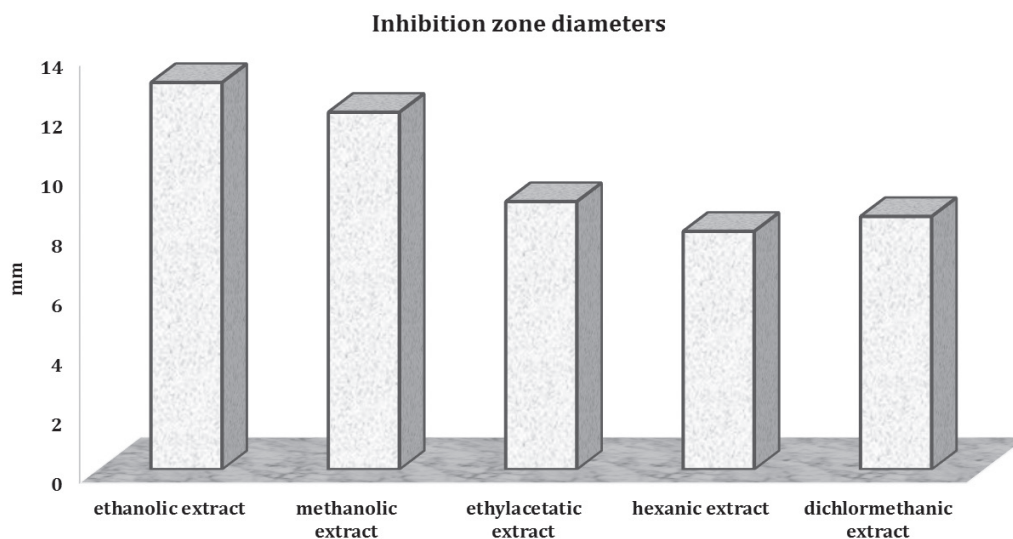


Fig. 2. Antimicrobial activity of various extracts obtained from leaves of *C. assamica* against *Pseudomonas aeruginosa* measured as inhibition zone diameter

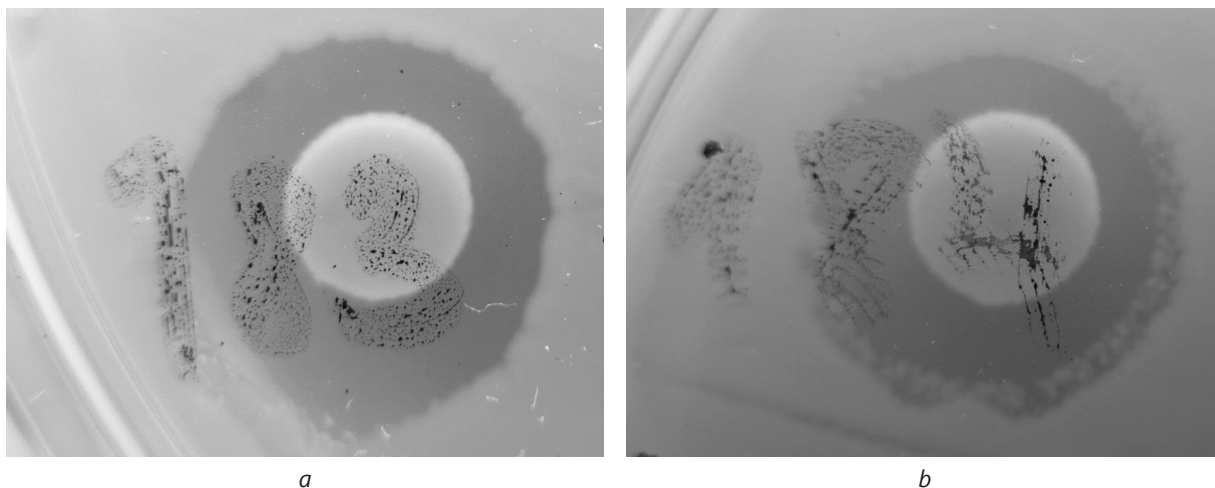


Fig. 3. Antimicrobial activity of the ethanolic (a) and methanolic extract (b) obtained from leaves of *C. assamica* against *P. aeruginosa* measured as inhibition zone diameter

Antibacterial activity of the various extracts of plant used here was examined and found to have little activity against bacterial growth. Only two plant extracts, ethanolic and methanolic extracts showed higher activities against *P. aeruginosa*. Nevertheless, the weak activity presented by this plant extracts *in vitro* to the pathogen, does not necessarily imply that they would show weak activities *in vivo*. As similarity to some drugs, some of this plant extracts maybe more potent *in vivo* due to metabolic transformation of their components into highly active intermediates, or due to synergy (Fomogne-Fodjo et al. 2014).

The relative wide range of antibacterial properties for the crude extract and fractions can be explained by the presence of various classes of potentially active secondary metabolites detected in them. The relative wide range of antimicrobial properties may results from the individual or from the combined modes of action of compounds belonging to the identified groups of constituents (Njateng et al. 2017). As it has been shown previously, chemical components, isolated from orchid plants, including phenanthrene, bibenzene, flavone, sterol, terpenes, alkaloids, possess antibacterium, cytotoxic activity, antihyperliposis effects (Guan et al. 2005). A fairly large number of phenanthrenes have been reported from higher plants, mainly in the *Orchidaceae* family, within *Dendrobium*, *Bulbophyllum*, *Eria*, *Maxillaria*, *Bletilla*, *Coelogyne*, *Cymbidium*, *Ephemerantha*, and *Epidendrum* genera (Kovács et al. 2008).

Conclusions

From this study, the results obtained reveal that the ethanolic and methanolic extracts obtained from leaves of *C. assamica* demonstrated maximal antibacterial activity against *P. aeruginosa* compared to other extracts prepared with different solvents, which have not inhibited *P. aeruginosa* growth. Thus, the *in vitro* evaluation of the antimicrobial activity of *C. assamica* against *P. aeruginosa* have provided useful information for further studies aimed at the development of formulations with clinical applicability in the control of bacterial infections caused by *P. aeruginosa*.

References

1. Averyanov L. V., Averyanova A. L. 2003. Update checklist of the orchids of Vietnam. Hanoi, Vietnam National University Publishing House. — 102 p.
2. Averyanov L. V., Phan Ke Lock, Nguyen Tien Hiep, Harder D. K. 2003. Phytogeographic review of Vietnam and adjacent areas of Eastern Indochina. Komarovia, 2003, 3:1–83.
3. Bauer A. W., Kirby W. M., Sherris J. C., Turck M. 1966. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. Am. J. Clin. Pathol., 45(4): 493–496.
4. Buyun L. I., Ivannikov R. V., Kovalska L. A. 2015. Tropical orchids in Ukraine: *ex situ* conservation and perspectives of application as a source of biologically active substances. Agrobiodiversity from improving nutrition, health and life quality. Part I. The scien. proc. of the intern. Network AgroBioNet, Slovak University of Agriculture in Nitra, 2015. — P. 74–77.
5. Buyun L., Tkachenko H., Kovalska L., Osadowski Z. 2016. Preliminary screening of *Coelogyne ovalis* Lindl. (*Orchidaceae*) for antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus*. Дни лабораторной медицины: сборник материалов Республиканской научно-практической конференции / отв. ред. В. В. Воробьев. — Гродно: ГрГМУ, 2016. — С. 10.
6. Buyun L., Tkachenko H., Osadowski Z., Kovalska L., Gyrenko O. 2016. Antimicrobial activity screening of extracts from leaves and pseudobulbs of *Coelogyne cristata* Lindl. (*Orchidaceae*). Scientific proceedings of the international network AgroBioNet of the institution and researcher of international research, education and development programme “Agrobiodiversity for improving nutrition, health, and life quality 2016”. Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, November 2016. — P. 40–44.
7. Buyun L. I., Tkachenko H. M., Osadowski Z. 2016. Antibacterial and antifungal activity of the ethanolic extract from *Coelogyne brachyptera* Rchb. f. leaves (*Orchidaceae*). «Sustainable technologies and the legal economic aspects of agricultural production», Національний університет біоресурсів і природокористування України, 27–28 квітня 2016 р., м. Київ. — С. 133–135.
8. Caron C., Hoizey M. J., Le Men-Olivier L., Massiot G., Zeches M., Choisy C., Le Magrex E., Verpoorte R. 1988. Antimicrobial and antifungal activities of quasi-dimeric and related alkaloids. Planta Med., 54(5): 409–412.
9. Fomogne-Fodjo M. C., Van Vuuren S., Ndinteh D. T., Krause R. W., Olivier D. K. 2014. Antibacterial activities of plants from Central Africa used traditionally by the Bakola pygmies for treating respiratory and tuberculosis-related symptoms. J. Ethnopharmacol., 155(1): 123–131.
10. Guan J., Wang C. L., Xiao P. G., Guo S. X. 2005. Studies on chemical components and pharmacological activities of geobiontic type medicinal plants in *Orchidaceae* family. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi., 30(14): 1053–1061.
11. Kovács A., Vasas A., Hohmann J. 2008. Natural phenanthrenes and their biological activity. Phytochemistry, 69(5): 1084–1110.
12. Newman D. J., Cragg G. M. 2012. Natural products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 to 2010. Journal of Natural Products, 75: 311–335.
13. Njateng G. S., Du Z., Gatsing D., Moukeu R. S., Liu Y., Zang H. X., Gu J., Luo X., Kuate J. R. 2017. Antibacterial and antioxidant properties of crude extract, fractions and compounds from the stem bark of *Polyscias fulva* Hiern (*Araliaceae*). BMC Complement. Altern. Med., 17(1): 99.
14. Ntombeziningi S. M. 2009. Antimicrobial activity testing of traditionally used plants for treating wounds and sores at Ongoye area KwaZulu-Natal, South Africa. M. Sc. thesis, Submitted to department of Biochemistry and Microbiology, University of Zululand.
15. Pant B. 2013. Medicinal orchids and their uses: Tissue culture a potential alternative for conservation. Afr. J. Plant Sci., 7(10): 448–467.
16. Pramanick D. D. 2016. Pharmacognostic studies on the pseudobulb of *Coelogyne cristata* Lindl. (*Orchidaceae*) — An epiphytic orchid of ethno-medicinal importance. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 5(1): 120–123.
17. Sahaya S. B., Chitra D. B., Moin S., Servin W. P. 2013. Evaluation of bioactive potential of *Coelogyne nervosa* A. Rich. — an endemic medicinal orchid of western Ghats, India. Asian J. Pharm. Clin. Res., 6(S-1): 114–118.
18. Tkachenko G. M., Trukhan M. A., Buyun L. I., Shon Kh.N., Chiong M. 2016. Antibakterialnaya effektivnost nekotorykh vidov orkhidey roda *Coelogyne* Lindl. v otnoshenii zolotistogo stafilokokka. Materialy XI Mezhdunarodnoy (XX Vserossiyskoy) Pirogovskoy nauchnoy meditsinskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh. Rossiyskiy natsionalnyi issledovatel'skiy meditsinskiy universitet imeni N. I. Pirogova, Moskva, 17 marta 2016 g. S. 632–633.

Preliminary studies of antibacterial activity of leaf extract of *Ficus natalensis* subsp. *natalensis* Hochst. (Moraceae)

Tkachenko H.¹, Buyun L.², Osadowski Z.¹,
Honcharenko V.⁴, Prokopiv A.^{3,4}

¹ Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University in Slupsk, Arciszewski Str. 22 b, 76–200 Slupsk, Poland, tkachenko@apsl.edu.pl

² M. M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine, Timiryazevska Str. 1, Kyiv, Ukraine, buyun@nbg.kiev.ua

³ Botanical Garden of Ivan Franko Lviv National University, Lviv, Ukraine;

⁴ Ivan Franko Lviv National University, Lviv, Ukraine

Summary. In the present study, the inhibitory effects of ethanolic extract obtained from leaves of *F. natalensis* subsp. *natalensis* Hochst. (Moraceae) on the growth of Gram-negative bacteria [*Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), locally isolated *Pseudomonas aeruginosa* strains producing metallo-beta-lactamases (MBL) enzyme, and *Escherichia coli* (ATCC 25922)] and Gram-positive bacteria [*Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* locally isolated and *Streptococcus pneumoniae* (ATCC 49619)] as well as *Candida albicans* were investigated *in vitro*. The antimicrobial activity profile of plant against the tested strains indicated that *Staphylococcus aureus* was the most susceptible bacterium of all the bacterial strains tested. Majority of the test organisms were susceptible to extracts of *F. natalensis* subsp. *natalensis* with inhibition zone diameter between 8.5–25 mm. The results indicate the potential of this species in treating microbial infections, thus, justifying claimed uses of plants from *Ficus* genus in the treatment of various disorders, the majority of which are of infectious origin.

Keywords: Moraceae, *Ficus natalensis* subsp. *natalensis* Hochst., antimicrobial activity, disc diffusion technique

Предварительное исследование антимикробной активности экстракта листьев *Ficus natalensis* subsp. *natalensis* Hochst. (Moraceae). Ткаченко Г. М., Буюн Л. И., Осадовский З., Гончаренко В. И., Прокопів А. І. **Резюме.** Цель настоящего исследования состояла в изучении *in vitro* ингибирующего влияния этанольного экстракта, полученного из листьев *F. natalensis* subsp. *natalensis* Hochst. (Moraceae) на рост грамотрицательных [*Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), локально изолированные штаммы *Pseudomonas aeruginosa*, продуцирующие металло-β-лактамазы (MBL), *Escherichia coli* (ATCC 25922)] и грамположительных микроорганизмов [*Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), локально изолированный штамм метициллин-резистентного *Staphylococcus aureus* и *Streptococcus pneumoniae* (ATCC 49619)], а также грибка *Candida albicans*. Профиль антимикробной активности растения в отношении тестируемых штаммов свидетельствует о том, что наиболее восприимчивым оказался *Staphylococcus aureus*. Большинство тест-организмов выявили разную степень восприимчивости к экстрактам *F. natalensis* subsp. *natalensis* (диаметр зоны ингибирования варьировал от 8.5 до 25 мм). Результаты свидетельствуют о возможностях использования данного вида в лечении бактериальных инфекций, подтверждая, таким образом, использование других видов рода *Ficus* в лечении различных заболеваний, преимущественно инфекционного характера.

Ключевые слова: Moraceae, *Ficus natalensis* subsp. *natalensis* Hochst., антимикробные средства, диско-диффузионный метод

Introduction

The principal policy of Botanical Gardens in Ukraine is maintenance of living plant collections, study of indigenous plant species and those outside their natural habitats, development of conservational, environmental and educational programs. The Gardens' collections comprise outstanding collections of woody and shrubby temperate plants, annual and perennial ornamentals, medicinal plants as well as the unique collections of tropical plants, including representatives of mega-diverse genus *Ficus* L. (Moraceae).

The angiosperm family Moraceae represents morphologically quite diverse plant group, including terrestrial and hemi-epiphytic trees, shrubs, lianas, subshrubs and herbs (Berg 1990). Its distribution range lies mostly within the tropics and subtropics with several taxa extending to the temperate zone (Berg 2001). The genus *Ficus* is the most species-rich genus of woody plants, comprising ca. 750 species of tropical and subtropical distribution worldwide (Berg and Corner 2005). These species of trees, shrubs, climbers, and hemiepiphytic stranglers are recognized by a specialized inflorescence (syconium) and pollination syndrome (Berg 1990). Its characteristic features include the presence of waxy glands on vegetative plant parts, heterostyly, and prolonged protogyny, i. e., the anthesis of staminate flowers in already mature fruits. These features are functionally linked to the unique pollination mode in *Ficus*, which involves mutualistic relationships with agaonid wasps (order *Hymenoptera*), therefore the genus has attracted considerable attention among ecologists over the last two centuries because of its obligate mutualism with pollinating wasps (Cook and Rasplus 2003, Berg and Corner 2005). Interactions between figs and fig wasps are among the best known examples of reproductive interdependence between plants and their pollinators (Bronstein 1992).

Ficus trees have widely been used by humans over their history in a variety of industries and fields of activity. Virtually all parts of their body are utilized by local people in various medicinal practices to cure wounds, sores, stomach and eye problems, headaches and toothaches, and even tumours and cancer, etc. A number of species is known to be helpful in healing disorders of digestive and respiratory systems, parasitic infections, and also as painkillers, tonics, and ecbolics (Lansky and Paavilainen 2011).

The Moraceae family includes *Ficus* as one of the main plant genus with biological activities already described such as antiplasmodial, antioxidant, anticancer, antimicrobial, antihelminthic, antiulcer, antidiarrhoeal, anti-pyretic, antidiabetic, hypolipidemic, antifilarial, gastroprotective, hepatoprotective etc. (Mbosso Teinkela et al. 2017). Thus, from the findings of previous study, it was obvious that figs are widely used for treatment of numerous diseases such as various disorders of the central nervous system, endocrine system (diabetes, etc.), gastrointestinal tract, reproductive and respiratory systems and infectious diseases (Singh et al. 2011).

Therefore, the primary objective of the current study was to perform the *in vitro* screening of antimicrobial activity of ethanolic extract derived from *Ficus natalensis* subsp. *natalensis* leaves.



Fig. 1. Leaves of *Ficus natalensis* subsp. *natalensis* Hochst.



Ficus natalensis subsp. *natalensis* Hochst. is a monoecious evergreen tree up to 30 m tall or shrub, hemi-epiphytic or terrestrial, which naturally occurs in southern and eastern Africa. The leaves are 2.5–10 cm long and 1–5 cm across, (sub)coriaceous and glabrous, elliptic to oblong or obovate, with plane margin and acuminate to rounded apex. Figs are born in the leaf axils or just below the leaves, pedunculate, globose to ellipsoid to obovoid, 1.5–2 cm in diameter, glabrous, at maturity reddish, orange or yellowish to brown (Berg and Wiebes 1992).

Material and methods

The leaves of *Ficus natalensis* subsp. *natalensis* Hochst. were sampled in M. M. Gryshko National Botanical Garden (Kyiv, Ukraine) and Botanical Garden of Ivan Franko Lviv National University (Lviv, Ukraine). The whole collections of tropical and subtropical plants at both Gardens (including *Ficus* spp. plants) have the status of a National Heritage Collections of Ukraine. The collected leaves were brought into the laboratory for antimicrobial studies. Freshly leaves were weighted, washed, crushed, and homogenized in 96% ethanol (in ratio 1:10) at room temperature.

The testing of antibacterial activity of the plant extract was carried out *in vitro* by Kirby-Bauer disc diffusion technique (Bauer et al. 1966). Gram-negative bacteria [*Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), locally isolated *Pseudomonas aeruginosa* strains producing metallo-beta-lactamases (MBL) enzyme, and *Escherichia coli* (ATCC 25922)] and Gram-positive bacteria [*Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* locally isolated and *Streptococcus pneumoniae* (ATCC 49619)], as well as fungus *Candida albicans* were used as test organisms. Zone diameters were determined and averaged. Results of the antimicrobial activities assessment are presented as mean \pm standard error of the mean. All statistical calculation was performed on separate data from each bacterial and fungal strains.

Results and discussion

The results of antimicrobial activity of ethanolic extract obtained from *F. natalensis* subsp. *natalensis* leaves are presented in Fig. 2.

In the present study, the inhibitory effects of ethanolic extract obtained from leaves of *F. natalensis* subsp. *natalensis* on the growth of Gram-negative and Gram-positive bacteria, as well as fungus *Candida albicans* were investigated *in vitro*. The antimicrobial activity profile of plant against the tested strains indicated that *Staphylococcus aureus* was the most susceptible bacterium of all the bacterial test strains.

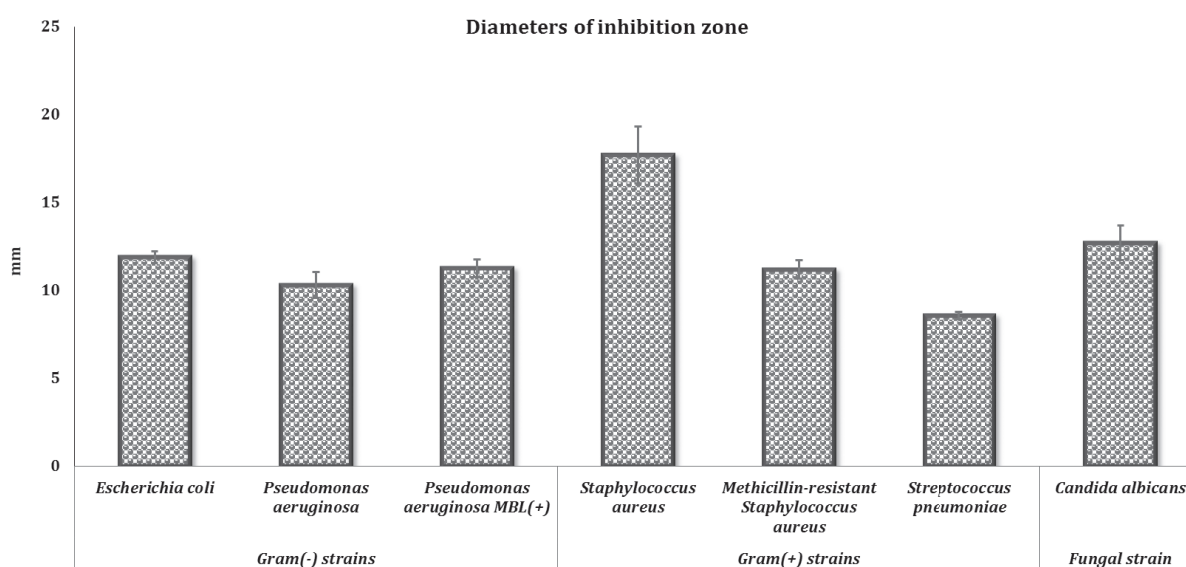


Fig. 2. Antimicrobial activity of the ethanolic extract obtained from leaves of *F. natalensis* subsp. *natalensis* against bacterial and fungal strains measured as inhibition zone diameter ($M \pm m$, $n=8$)

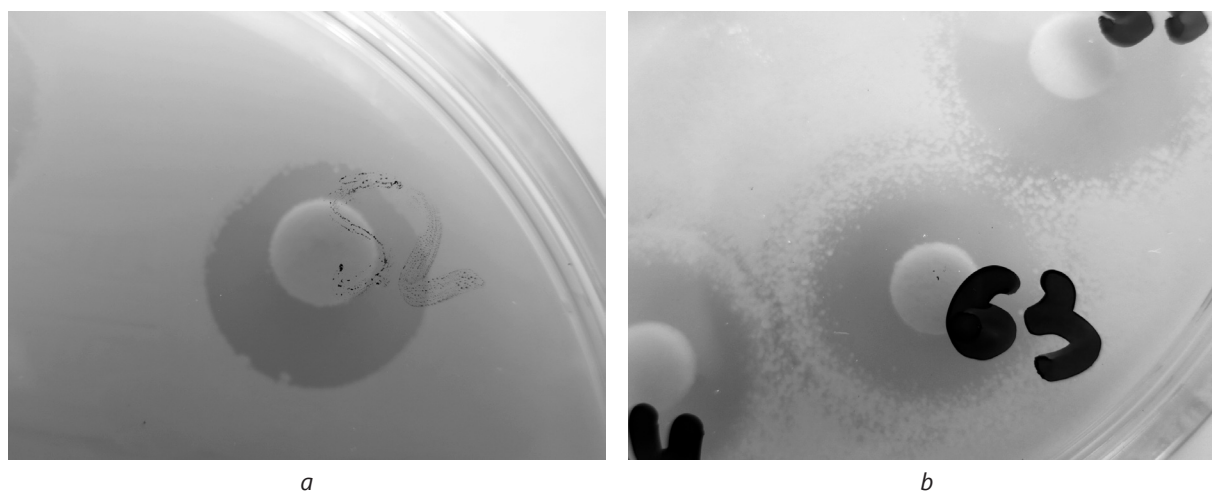


Fig. 3. Antimicrobial activity of the ethanolic extract obtained from leaves of *F. natalensis* subsp. *natalensis* against *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) (A) and *Candida albicans* (B) measured as inhibition zone diameter

Majority of the test organisms was susceptible to extracts of *F. natalensis* subsp. *natalensis* with inhibition zone diameter between 8.5–25 mm. Gram-negative bacteria were the most insensitive strains of all the bacteria used in this study. In fact, Gram-negative bacteria are frequently reported to have developed multidrug resistance to many of the antibiotics currently available in the market of which *E. coli* is the most prominent (Alonso et al. 2000, Tadeg et al. 2005). Therefore, it is not surprising to learn that *E. coli* and *P. aeruginosa* are the least responding bacterial strain to the plant extract tested. However, some species of plants are still of special interest for further investigations in this regard as in the case of *F. natalensis* subsp. *natalensis*, which showed exceptionally high activity against *S. aureus* (Fig. 2). Remarkably, the most susceptible microorganisms to the antimicrobial activity of *F. natalensis* subsp. *natalensis* were *S. aureus*, *C. albicans*, *P. aeruginosa* (Fig. 3). Among other bacterial strains tested, there were no significant differences in susceptibility to plant extract screened between the Gram-positive and Gram-negative bacteria.

Our results are comparable with many other investigations with various *Ficus* species (Singh et al. 2011; Salem et al. 2013). In addition, these data fully corroborated our previous studies which reported that various *Ficus* species have noticeable antibacterial activity against bacterial strains (Truchan et al. 2015, Tkachenko et al. 2016). It is generally assumed, that antibacterial activity of various *Ficus* species can be explain due to the presence of secondary metabolites (Salem et al. 2013). Indeed, the phytochemical screening of leaves and stem bark extracts of various *Ficus* species revealed the presence of alkaloids, balsams, carbohydrates, flavonoids, free anthraquinones, tanins, glycosides, terpenes, resins, sterols and saponins. The presence of alkaloids and flavonoids both reveals its activity against pathogenic bacteria and suggests a role in the limitation of fungal infection, given that many flavonoids exhibit antifungal activity (Cushnie and Lamb 2005). Among the compounds mentioned above, flavonoids have been especially highlighted because they have been shown to have protective roles against many human diseases, due to their antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, and antiviral activities. Moreover, the *in vitro* antifungal activity of flavonoids against *C. albicans* were reported (Seleem et al. 2017). As it was found out, among potent compounds were quercetin and myricetin (flavonols), baicalein (flavones), catechins (flavanols), and carvacrol (chalcones). Mechanisms of action for antifungal effects of flavonoids included inhibition of efflux pump and induction of apoptosis (baicalein and sedonan A), cell wall damage (catechins), and cytoplasmic membrane disruption (carvacrol) (Seleem et al. 2017). Surprisingly, flavonoids can act directly against the infectious microorganisms. Moreover, they can be used in combination with other antibiotics (synergistic relationship), or can act against bacterial virulence factors, like cell-binding ability or toxins released by the pathogens. Many flavonoids, like quercetin and naringenin, apigenin, or epigallocatechin gallate, to name but a few, are known to possess antibacterial activity. Furthermore, epigallocatechin gallate was also shown to enhance the activity

of other antibiotics against drug-resistant pathogens. Some flavonols were found to interfere with the pathogen's binding ability to the host-cell (Bahrin et al. 2014).

Conclusion. This study suggests that the crude ethanolic extract obtained from *F. natalensis* subsp. *natalensis* leaves represent a good source of natural bioactive compounds which could be useful for pharmaceutical application as an antimicrobial agents against diseases caused by both types of bacteria as well as fungi. Additionally, the investigation of *Ficus*-derived extracts active towards methicillin-resistant *S. aureus* and metallo- β -lactamase-producing *Pseudomonas aeruginosa* strains provides an example of prospecting for new compounds which may be particularly effective against infections that are currently difficult to treat.

Further studies aimed at the isolation and identification of active substances from the ethanolic fraction of *F. natalensis* subsp. *natalensis* could also disclose compounds with better therapeutic value. It is believed that screening of all the investigated plants for other biological activities is essential.

References

1. Alonso R., Fernandez-Aranguiz A., Colom K., Herreras A., Cisterna R. 2000. Profile of bacterial isolates and antimicrobial susceptibility: multicenter study using a one-day cut-off. *Revista Espanola de Quimioterapia*, 13: 384–393.
2. Bahrin L. G., Apostu M. O., Birsa L. M., Stefan M. 2014. The antibacterial properties of sulfur containing flavonoids. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 24(10): 2315–2318.
3. Bauer A. W., Kirby W. M., Sherris J. C., Turck M. 1966. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *Am. J. Clin. Pathol.*, 45(4): 493–496.
4. Berg C. C. 1990. Reproduction and evolution of *Ficus* (Moraceae): Traits connected with the adequate rearing of pollinators. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 55: 169–185.
5. Berg C. C. 2001. Moreae, Artocarpeae, and Dorstenia (Moraceae), with introductions to the family and *Ficus* and with additions and corrections to *Flora Neotropica* Monograph 7. *Flora Neotropica Monograph* 83. The New York Botanical Garden, New York, pp. 1–346.
6. Berg C. C., Corner E. J. H. 2005. Moraceae (*Ficus*). In: Notoboom H. P. (ed.) *Flora Malesiana*, Ser. 1, Vol. 17, Part 2. National Herbarium Nederland, Leiden, pp. 1–730.
7. Bronstein J. 1992. Seed predators as mutualists: ecology and evolution of the fig/pollinator interaction. In E. A. Bernays [ed.], *Insect-plant interactions*, 1–47. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
8. Cook J. M., Rasplus J.-Y. 2003. Mutualists with attitude: coevolving fig wasps and figs. *Trends in Ecology & Evolution* 18(5): 241–248.
9. Cushnie T. P., Lamb A. J. 2005. Antimicrobial activity of flavonoids. *Int. J. Antimicrob. Agents*, 26(5): 343–356.
10. Lansky E. P., Paavilainen H. M. 2011. Figs: the genus *Ficus*. In: Hardman R. (ed.) *Traditional herbal medicines for modern times*, Vol. 9. CRC Press, Boca Raton, pp. 1–357.
11. Mbosso Teinkela J. E., Siwe Noundou X., Fannang S., Meyer F., Vardamides J. C., Mpondo Mpondo E., Krause R. W. M., Azebaze A. G. B., Nguedia J. C. A. 2017. *In vitro* antimicrobial activity of the methanol extract and compounds from the wood of *Ficus elastica* Roxb. ex Hornem. aerial roots. *South African Journal of Botany*, 111: 302–306.
12. Salem M. Z. M., Salem A. Z. M., Camacho L. M., Ali H. M. 2013. Antimicrobial activities and phytochemical composition of extracts of *Ficus* species: An over view. *Afr. J. Microbiol. Res.*, 7(33): 4207–4219.
13. Seleem D., Pardi V., Murata R. M. 2017. Review of flavonoids: A diverse group of natural compounds with anti-*Candida albicans* activity *in vitro*. *Arch. Oral Biol.*, 76: 76–83.
14. Singh D., Singh B., Goel R. K. 2011. Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Ficus religiosa*: a review. *J. Ethnopharmacol.*, 134(3): 565–583.
15. Tadege H., Mohammed E., Asres K., Gebre-Mariam T. 2005. Antimicrobial activities of some selected traditional Ethiopian medicinal plants used in the treatment of skin disorders. *J. Ethnopharmacol.*, 100(1–2): 168–175.

17. Tkachenko G., Buyun L., Osadovskyy Z., Truhan M., Sosnowski E., Prokopiv A., Goncharenko V. 2016. *In vitro* screening of antimicrobial activity of ethanolic extract obtained from *Ficus lyrata* Warb. (Moraceae) leaves. *Agroecological Journal*, 2: 155–160.
18. Tkachenko H., Buyun L., Osadowski Z., Honcharenko V., Prokopiv A. 2016. Studies on antibacterial activity of *Ficus natalensis* Hochst. subsp. *lepreurii* (Miq.) C. C. Berg (Moraceae) leaf extract. Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій: матеріали п'ятої Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. — Полтава, 27–28 грудня 2016 р. — Полтава: РВВ ПДАА, С. 256–259.
19. Tkachenko H., Buyun L., Osadowski Z., Kasiyan O., Honcharenko V., Prokopiv A. 2016. *In vitro* anti-*Candida albicans* efficacy of ethanolic extracts obtained from the leaves of some *Ficus* species (Moraceae). Збірник наукових праць «Актуальні проблеми профілактичної медицини», Випуск 1–2 (13): 65–76.
20. Tkachenko H., Buyun L., Osadowski Z., Sosnovskiy Y., Honcharenko V., Prokopiv A. 2016. Antimicrobial activities of the ethanolic extract prepared from *Ficus macrophylla* Desf. ex Pers. leaves (Moraceae). Онтогенез — стан, проблеми та перспективи вивчення рослин в культурних та природних ценозах: Міжнар. конф., тези доп.: Присвячена 110 річчю від дня народження декана агрономічного факультету Ліпеса Веніаміна Ельевича (10–11 червня 2016 р). — Херсон: РВЦ «Колос», 2016. — С. 58–61.
21. Tkachenko H. M., Buyun L. I., Truchan M. A., Osadowski Z., Sosnovskiy Y. V., Honcharenko V. I., Prokopiv A. I. 2016. Antimicrobial activities of the ethanolic extract from *Ficus hispida* L. f. leaves (Moraceae). «Sustainable technologies and the legal economic aspects of agricultural production», Національний університет біоресурсів і природокористування України, 27–28 квітня 2016 р., м. Київ. — С. 175–177.
22. Tkachenko H. M., Buyun L. I., Sosnovskiy Y. V., Honcharenko V. I., Prokopiv A. I., Osadowski Z. 2016. The antimicrobial activity of the ethanolic extract obtained from *Ficus drupacea* Thunb. (Moraceae) leaves. Материали V международной конференции «Инновационные разработки молодых ученых — развитию агропромышленного комплекса»: Сборник научных трудов. ФГБНУ ВНИИОК, Ставрополь, 2016. — Том 1, Вып. 9. — Ставрополь: Бюро новостей, 2016. — С. 327–331.
23. Truchan M. A., Tkachenko G. M., Buyun L. I., Osadowski Z., Sosnovskiy Ye. V., Prokopiv A. I., Honcharenko V. I. 2015. Evaluation of antimicrobial activity of *Ficus* species leaves extracts against *Pseudomonas aeruginosa*. *Scientific Medical Bulletin*, 2(2): 90–98.
24. Weiblen G. D. 2000. Phylogenetic relationships of functionally dioecious *Ficus* (Moraceae) based on ribosomal DNA sequence and morphology. *American J. Bot.*, 87(9): 1342–1357.

Секция 5

Проблемы защиты растений в ботанических садах

Защита декоративных растений от оранжерейной (тепличной) белокрылки в Ботаническом саду Петра Великого

Варфоломеева Е. А.¹, Наумова Н. И.²

¹ Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Россия, Санкт-Петербург,
varfolomeeva.elizaveta@list.ru

² Всероссийский НИИ защиты растений, Россия, Санкт-Петербург — Пушкин,
nin@icZR.ru

Резюме. В оранжереях Ботанического сада БИН РАН г. Санкт-Петербурга круглый год вредит белокрылка оранжерейная (тепличная) — *Trialeurodes vaporariorum* W. Многолетнее использование только химических инсектицидов не решило проблему борьбы с ней. Кроме того, редкие декоративные растения привлекают тысячи посетителей, поэтому применение инсектицидов должно быть ограничено. За последнее десятилетие в оранжереях проводились опытные обработки с целью установить наиболее эффективную систему защиты от вредителей декоративных растений. Система состоит из комплекса профилактических, биологических и химических мероприятий, проводимых последовательно в течение всего года.

Protection of ornamental plants from the greenhouse (greenhouse) whitefly in Botanical Garden of Peter the Great. Varfolomeeva E. A., Naumova N. I. **Summary.** In the conservatories of the Botanical Garden of the BIN RAS, St. Petersburg, the white-winged greenhouse (greenhouse) is harmed all year round — the *Trialeurodes vaporariorum* Westw. The long-term use of only chemical insecticides did not solve the problem of combating it. In addition, rare ornamental plants attract thousands of visitors, so the use of insecticides should be limited. Over the past decade in the greenhouses conducted experimental treatments to establish the most effective system of protection from pests of ornamental plants. The system consists of a set of preventive, biological and chemical measures carried out consistently throughout the year.

Санкт-Петербургский Ботанический сад Петра Великого имеет богатейшую коллекцию растений, многие из которых являются редкими и экзотическими видами. Вегетационный период у оранжерейных растений продолжается, в отличие от местных видов, круглый год,

они должны быть гарантированно защищены от вредителей и болезней и иметь для посетителей эстетически красивый вид, поэтому защита растений должна быть организована все 12 месяцев.

Проведенные нами исследования показали, что в течение последних 10 лет в оранжереях БИН выявлено 48 видов растительноядных насекомых и клещей, которые являются представителями 14 семейств. В комплексе фитофагов, заселяющих оранжерейные растения, можно выделить следующие основные группы: трипсы, тли, алейродиды, кокциды и клещи. Установлено, что преобладают сосущие фитофаги с широкой пищевой специализацией, которые распространены в защищенном грунте всех разновидностей. Среди них наносит большой вред декоративным растениям оранжерейная белокрылка — *Trialeurodes vaporariorum* Westw. (Homoptera, Aleyrodidae). Взрослые насекомые, личинки и нимфы питаются соком растений, ослабляя и ухудшая их декоративность.

В защищенном грунте (в том числе в оранжереях ботанических садов) исходно создается и функционирует система, состоящая из двух блоков: растения и обитающие на них фитофаги. Такая система биоценологически нестабильна, численность вредных организмов имеет тенденцию к резкому увеличению, поскольку она не регулируется прессом естественных врагов, как это имеет место в природе [1].

В оранжереях поддерживаются условия, которые позволяют фитофагам развиваться круглогодично. Белокрылка — тропический вид и не имеет в своем жизненном цикле диапаузы, поэтому может давать до 10–13 поколений [2].

Чтобы предотвратить расселение и резкое нарастание численности белокрылки, оранжереи обследовали через 7–10 дней в течение года. Основным методом выявления и учета численности вредителей являлся визуальный осмотр растений.

Для учетов и снижения численности имаго вредителя также использовались желтые клейкие ловушки.

Нарастание численности белокрылки в оранжереях происходит уже в конце февраля.

Имаго, расселяясь по оранжерее, образуют очаги, где одновременно присутствуют все стадии белокрылки. На одном растении обычно отмечают как взрослых насекомых, питающиеся на верхних листьях, яйца, так и личинки и нимфы, которые располагаются на нижних листьях. Личинки, едва появившись из яиц, начинают двигаться в поисках наиболее удобного места питания. После второй линьки глаза у личинок краснеют, а сами они покрываются толстым слоем воскового налета и превращаются в нимфы. На нимф никакие препараты не действуют.

Очаговое расселение по оранжереям насекомого, при своевременном его выявлении, позволяет применять инсектициды ограниченно, только на заселенном растении. При незначительной степени заселения 1–2 имаго/раст. используем пролив растений под корень, например, конфидор экстра, ВДГ (700 г/кг) или актара, КС (240 г/л) в концентрации 0,02%. Однако, наличие в очаге большого количества яиц и личинок, которые наименее уязвимы для инсектицидов, затрудняет химическую борьбу с этим вредителем.

Поэтому нами проводятся комбинированные обработки растений препаратами, имеющими разный механизм действия. Так, препараты актара, ВДГ (250 г/кг), конфидор экстра, ВДГ (700 г/кг), талстар, КЭ (100 г/л), которые вызывают смертность 92–95% взрослых насекомых, применяем с препаратами гормонального действия (апплауд, СП (250 г/кг), моспилян, РП (200 г/кг), адмирал, КЭ (100 г/л)), которые действуют при контакте на яйца и личинок. Имаго при этом практически не страдают.

Наиболее эффективными были баковые смеси препаратов:

- талстар, КЭ (100 г/л) — 0,06% + моспилян, РП (200 г/кг) — 0,02%,
- актара, ВДГ (250 г/кг) — 0,06% + адмирал, КЭ (100 г/л) — 0,03%,
- конфидор экстра, ВДГ (700 г/кг) — 0,02% + апплауд, СП (250 г/кг) — 0,02%.

Проведя обработку очагов одной из комбинаций, через неделю проводили повторное опрыскивание, но уже другим набором инсектицидов. Резистентность к инсектицидам у белокрылки возникает очень быстро. По данным американских ученых, резистентность, например, к ими-

даклоприду формируется за 2 года. Применение химических препаратов не способно на длительный срок и надежно решить проблему ограничения численности фитофага.

Из-за постоянных экскурсий посетителей обработки пестицидами лимитированы по срокам и спектру используемых препаратов. Полная обработка оранжерей инсектицидами допускается только 2 раза в год, как необходимое мероприятие при опасной численности белокрылки и других вредителей. При этом доступ в оранжерею закрывается для посетителей.

Поэтому, чтобы снизить количество химических обработок сотрудниками сада в последнее десятилетие активно велись работы по выявлению наиболее эффективных биологических объектов, способных регулировать численность вредителей, в том числе и белокрылки.

Формирование третьего блока — блока биоценотической регуляции в оранжереях — является необходимым условием создания экологически безопасной системы защиты для людей и коллекционных растений в ботанических садах.

За весь период наблюдений не было отмечено случаев массового размножения ни одного из природных энтомофагов в оранжереях или на растениях открытой экспозиции. Поэтому основу блока биоценотической регуляции в оранжереях должны составлять интродуцированные виды энтомофагов, которых применяют методами наводняющих выпусков или сезонной колонизации [3].

Для выпусков в оранжерею использовали энтомофагов лабораторных культур из коллекции ВИЗР. Норму выпуска в каждом конкретном случае подбирали исходя из рекомендованного соотношения хищник-жертва, при этом корректируя норму в зависимости от численности вредителя и скорости ее роста [4].

К прошедшим акклиматизацию энтомофагам в оранжереях следует отнести энкарзию.

Колонизацию паразита оранжерейной белокрылки *Encarsia formosa* Gah. проводили в оранжереях с разными климатическими условиями. Личинки энкарзии живут в личинках белокрылки и питаются их тканями.

Наши эксперименты по колонизации энкарзии показали, что в оранжереях с тропическим и субтропическим климатом акклиматизация энкарзии возможна. Однако темпы размножения энкарзии незначительны. Защитный эффект от однократного выпуска энкарзии в оранжереях ограничен и не позволяет сдерживать рост численности белокрылки в течение весенне-летнего периода, несмотря на размножение паразита в оранжерее. Поэтому оптимальным способом применения энкарзии следует признать выпуски паразита при норме 10 особей на 1 м² с интервалом 20 дней с марта по октябрь (для оранжерей с тропическим климатом) и с апреля по сентябрь (для оранжерей для субтропическим климатом).

Следует отметить, что при использовании энкарзии по приведенной выше схеме защитный эффект паразита в среднем не превышает 70–75% [5].

Кроме того, замена покрытия в некоторых оранжереях на поликарбонат отрицательно сказалось на размножении энкарзии, и она недостаточно снижает численность белокрылки в них.

Для подавления белокрылки в комплекс энтомофагов был включен хищный клоп-слепняк макролофус — *Macrolophus nubilis* (Miridae) (Hemiptera).

Для того чтобы оценить возможность использования данного энтомофага в осенний период, выпуски проводили в сентябре в оранжереях с субтропическим климатом. В этот период начинается активная миграция белокрылки с растений открытого грунта в оранжерею, а применение энкарзии лимитировано пониженными температурами.

Эффективность макролофуса на растениях фуксии и каллы через 15 дней после выпуска была близка к 100%. Применение макролофуса при норме 5 клопов на 1 м² с интервалом 15–20 дней позволяет контролировать оранжерейную белокрылку мигрировавшую, в том числе и из открытого грунта в начале осени. Однако макролофус — как многоядный хищник, может заменить при питании белокрылку другими насекомыми.

В оранжереях сада также проводятся исследования по поиску других энтомофагов, уничтожающих белокрылку.

Опытным путем доказано, что перспективными в борьбе вредителем могут быть клопы *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Heteroptera, Miridae) [6]. Также хищные коровки *Cheilomenes sexmaculata*

(*Coleoptera, Coccinellidae*) оказались пригодными для контроля численности белокрылки и мучнистого червеца [7].

Многолетние исследования по применению энтомофагов в Ботаническом саду Петра Великого показали, что энтомофаги не вызывают полной гибели вредителей, однако они позволяют сохранить коллекцию растений и их эстетически привлекательный вид для посетителей оранжерей [8].

Следует отметить, что после применения инсектицидов должно пройти не менее 2–3 недели, чтобы не было их отрицательного влияния на энтомофагов.

Наряду с поиском новых эффективных энтомофагов в оранжереях проводятся испытания новых веществ и препаратов для защиты растений от вредителей.

Так значительную эффективность показало масло НИМ, которое содержит соединение азадирахтин, на основе которого в США созданы некоторые пестициды. Они эффективны против белокрылок и клещей [9].

Масло обладает антибактериальным, противовирусным, антисептическим, противопаразитарным и противогрибковым действием. Масло Ним хорошо использовать для уничтожения вредных насекомых. Для этого готовится мыльный раствор, куда добавляется масло НИМ.

В оранжереях мы применяем от белокрылки 0,5% раствор, который распыляется на заселенные вредителями растения. Обработки значительно сокращают численность имаго вредителя и на 40–50% личинок. Обработывается раствором масла вся теплица, так как раствор обладает репеллентными свойствами и отпугивает вредителей.

С целью выявления новых эффективных препаратов и энтомофагов в борьбе с белокрылкой оранжерейной и другими вредителями в оранжереях постоянно ведутся опытные обработки растений. Это помогает сохранить ценные и редкие декоративные виды растений богатой коллекции Ботанического сада Петра Великого.

Список литературы

1. Павлюшин В. А., Воронин К. Е., Красавина Л. П., Асякин Б. П., Раздобурдин В. А. Использование энтомофагов в биологической защите растений в теплицах России. Труды РЭО, 2001, т. 72, с. 16–31.
2. Яркулов Ф. Я. Биологическая борьба с белокрылкой в Приморском крае. Защита и карантин растений, 2008, № 11, с. 19–20.
3. Варфоломеева Е. А., Дорохова Г. И. Защита оранжерейных растений от вредителей в ботаническом саду Санкт-Петербурга. XII съезд Русского энтомол. об-ва: тез. докл., 19–24 августа 2002 г., СПб, 2002, с. 54.
4. Варфоломеева Е. А., Белякова Н. А. Энтомофаги в защите коллекционных растений в оранжереях ботанических садов. Защита и карантин растений, 2006, № 1, с. 20–22.
5. Варфоломеева Е. А. Биоценологическое обоснование применения энтомофагов в оранжереях ботанических садов Северо-Запада России: автореф. дисс. канд. биол. наук. СПб, 2009, 20 с.
6. Пазюк И. М. Особенности клопа *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Miridae) при питании тепличной белокрылкой. Вестник защиты растений, 2008, № 3, с. 65–70.
7. Варфоломеева Е. А., Поликарпова Ю. Б. Опыт применения хищной коровки *Cheilomenes sexmaculata* (Coleoptera, Coccinellidae) для борьбы с вредителями в оранжерее «Декоративные и полезные растения тропиков» Ботанического сада БИН РАН. Проблемы и перспективы интегрированной защиты плодовых, декоративных, лесных культур и винограда юга России: материалы Международной научно-практической конференции (24–28 октября 2016 г.). Ялта, 2016. С. 29–30.
8. Варфоломеева Е. А., Наумова Н. И. Перспективы применения биометода в оранжереях Ботанического сада. Вестник защиты растений, 2014, № 3, с. 71–72.
9. Nabil E. El-Wakeil. Botanical pesticides and their mode of action. Gesunde Pflanzen., 2013, № 65, s. 125–149.

Инвазии чужеродных видов патогенных грибов в насаждениях Беларуси

Головченко Л. А., Дишук Н. Г., Тимофеева В. А., Ярук И. В.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, L.Golovchenko@cbg.org.by

Резюме. В результате оценки фитосанитарного состояния древесно-кустарниковых растений в разных типах насаждений Республики Беларусь выявлен ряд новых для страны возбудителей болезней растений. В фитоценозах открытого грунта выявлены чужеродные виды грибов, характеризующиеся инвазионной опасностью: *Erysiphe flexuosa*, *Phyllosticta paviae*, *Hymenoscyphus fraxineus*, *Pestalotiopsis funerea*, *Diaporthe oncostoma*, *Dothistroma septosporum*, *Gremmeniella abietina*, *Truncatella hartigii*, *Pestalotiopsis sydowniana*.

Invasion of alien pathogens in plantations of Belarus. Golovchenko L. A., Dishuk N. G., Timofeeva V. A., Yaruk I. V. **Summary.** The article presents the results of studying the pathogen species stuff of woody plants in urban plantations, tree nurseries in the Republic of Belarus. In urban plantations and tree nurseries there were identified alien pathogens of woody plants: *Erysiphe flexuosa*, *Phyllosticta paviae*, *Hymenoscyphus fraxineus*, *Pestalotiopsis funerea*, *Diaporthe oncostoma*, *Dothistroma septosporum*, *Gremmeniella abietina*, *Truncatella hartigii*, *Pestalotiopsis sydowniana*.

Растения и продукция растениеводства импортируется в Республику Беларусь со всего мира. Интродукция растений влечет за собой и интродукцию присущих им вредных организмов, которые представляют опасность не только для растений-интродуцентов, но и для местных аборигенных пород [1]. Проникновение, обоснование и дальнейшее распространение таких видов может приводить к нежелательным последствиям. Несмотря на то, что зачастую ввозимые виды уже имеются в стране, пополнение их новыми популяциями позволяет заселять все новые территории. Кроме того, опасность завоза вредных организмов связана с их резистентностью к известным пестицидам, что осложняет проведение защитных мероприятий в процессе дальнейшего выращивания растений [2].

Целенаправленное изучение чужеродных видов возбудителей болезней растений в естественных и искусственных насаждениях Беларуси начато сравнительно недавно. По результатам обследования состояния городских насаждений, проведенного в последние годы, установлено, что фитосанитарная ситуация в республике заметно ухудшилась, осложняется появлением ряда некарантинных, но высоко вредоносных вредных организмов. Многие виды хорошо адаптировались к климатическим условиям Беларуси, сохраняются и успешно размножаются на растениях, приводя к их ослаблению, потере декоративных качеств, усыханию побегов и целых растений [3]. В насаждениях республики выявлен ряд инвазивных видов фитопатогенов древесных растений [4]. Обоснование и распространение инвазивных видов влечет за собой нежелательные экологические, экономические и социальные последствия. Раннее обнаружение и предотвращение воздействия чужеродных видов на экосистемы является фундаментальным требованием Стратегии ЕС по сохранению биоразнообразия. В связи с этим важными задачами являются инвентаризация инвазивных видов, прогноз их появления, контроль расселения [5].

В 2016 г. лаборатория защиты растений приступила к выполнению задания ГПНИ «Природопользование и экология» на 2016–2020 гг., целью которого является анализ рисков внедрения инвазивных видов патогенов декоративных растений в насаждения Беларуси. Начата ин-

вентаризация инвазивных видов патогенных грибов: проведено обследование представителей 74 родов местных и интродуцированных древесно-кустарниковых растений в городских насаждениях, ботанический и дендрологических садах, лесопарковой зоне областей республики, питомниках Столбцовского, Новогрудского, Сморгонского и Ивацевичского лесхозов. При обследованиях особое внимание уделяли молодым посадкам интродуцированных растений. Идентификацию возбудителей болезней проводили по общепринятым в фитопатологии и микологии методикам [6]. Таксономическое описание возбудителей болезней дано в соответствии с актуальными данными базы данных CABI «Index Fungorum» [7].

В результате проведенной работы выявлено несколько видов чужеродных грибов, характеризующиеся потенциальной инвазионной опасностью для насаждений Беларуси.

Патоген *Erysiphe flexuosa* (Peck) U. Braun & S. Takam. — возбудитель мучнистой росы конского каштана — имеет североамериканское происхождение, в Европу проник сравнительно недавно: в 2000 г. гриб выявлен в Германии, затем распространился практически по всей Европе [8]. Болезнь ухудшает декоративные качества каштана, уменьшает ассимилирующую поверхность, что приводит к ослаблению растений. В Беларуси мучнистая роса на конском каштане обыкновенном впервые отмечена нами в 2005 г. на территории санатория «Нарочь» (Витебская область), однако плодовые тела не вызревали, что не позволило провести идентификацию вида возбудителя болезни. Официально поражение растений *Aesculus hippocastanum* грибом *E. flexuosa* в Беларуси зафиксировано Н. И. Федоровым и А. Д. Никончик в 2007 г. [9]. К настоящему времени, как и в сопредельных государствах, болезнь распространилась по всей территории республики. Впервые в 2016 г. в насаждениях г. Гродно отмечено поражение грибом *E. flexuosa* растений *Aesculus × carnea* (конский каштан мясо-красный).

Патогенный гриб *Phyllosticta paviae* Desm. — возбудитель бурой пятнистости листьев конского каштана — в конце 20 века был завезен с посадочным материалом в Великобританию, а затем распространился во все страны Западной Европы [10]. Некроз листовых пластинок приводит к уменьшению площади ассимиляционной поверхности, ослаблению растений, преждевременному листопаду, снижению их декоративных качеств. Как и возбудитель мучнистой росы конского каштана, вид был впервые выявлен в Беларуси в конце 2000-х годов. К настоящему времени бурая пятнистость листьев конского каштана распространена в питомниках, городских насаждениях на всей территории Беларуси, наибольшего развития болезнь достигает в питомниках на молодых растениях. В 2016 г. впервые (г. Гродно) отмечено поражение грибом *Ph. paviae* растений *Aesculus × carnea* (конский каштан мясо-красный).

Патогенный гриб *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral — возбудитель суховершинности ясеня (халарового некроза) — впервые был идентифицирован в Польше Т. Kowalsky в 2006 г., куда проник, вероятно, с посадочным материалом ясеня, завезенным с Дальнего Востока; к настоящему времени вид распространился по всей Европе [11, 12]. Этот инвазивный патогенный гриб поражает растения рода *Fraxinus*, особенно вредоносен для молодых растений, вызывая их усыхание и гибель в течение вегетационного периода, крупные деревья более устойчивы к болезни [12]. В Беларуси гриб *H. fraxineus* впервые был выявлен в 2010 г. [13], а уже к 2014 г. распространился в ясеневых насаждениях на всей территории республики [14]. В 2016 г. гриб выявлен нами на растениях *Fraxinus excelsior* в Лужеснянском дендропарке (Витебская область), Центральном ботаническом саду НАН Беларуси, Гомеле.

Отмечено поражение растений *Robinia pseudoacacia* грибом *Diaporthe oncostoma* (Duby) Fuckel., вызывающим раковые поражения стволов и ветвей робинии, что в итоге приводит к гибели молодых деревьев. Данный вид в Европе впервые выявлен в 1998 г. в лесных питомниках Венгрии, признан инвазивным [15, 16]. В Беларуси патогенный гриб впервые выделен нами в 2012 г. из саженцев робинии с симптомами усыхания побегов, завезенных из Польши. На ветвях второго и третьего порядка отмечен некроз коры с поражением проводящей системы растений. Часть саженцев была высажена в городах Гомельской области, болезнь продолжала развиваться и в 2016 г. было отмечено изреживание, усыхание крон на 40% и более, образование раковых язв на коре. Распространение гриба в насаждениях робинии в республике пока не завершено.

Инвазивный вид *Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet — возбудитель дотистромоза, или пятнистого ожога, хвои хвойных пород. На хвоинках появляются желтые, позже буреющие пятна с характерными красными поперечными полосками, пораженные верхушки хвоинок постепенно приобретает красно-кирпичную окраску, а основания хвоинок остаются зелеными. Потенциальная вредоносность — высокая. Гриб распространен по всему миру, вредоносен для деревьев вне их естественного ареала, особенно в питомниках [17]. Выявлен нами в 2016 г. на растениях *Pinus mugo* в дендрсаду Глубокского лесхоза (Витебская область).

Инвазивный вид *Gremmeniella abietina* (Lagerb.) M. Morelet — возбудитель склеродериевого, или побегового, рака хвойных пород — поражает почки, а также молодые, главным образом, верхушечные, побеги, болезнь приводит к отмиранию хвои, веточек, суховершинности побегов. Патогенный гриб выявлен нами на растениях *Pinus sylvestris* в п. Колодищи (Минская область). Наибольшую опасность представляет для сеянцев хвойных пород в питомниках и для лесных культур. Болезнь широко распространена по всему миру [16, 17]. Потенциальная вредоносность — высокая.

Песталоциеподобные грибы распространены по всему миру, вызывая некротические поражения листьев, стеблей, стволов. В насаждениях Беларуси в 2016 г. мы идентифицировали 3 вида грибов, вызывающих поражение хвойных пород и рододендронов: *Pestalotiopsis funerea*, *Truncatella hartigii* и *Pestalotiopsis sydowiana*.

Патогенный гриб *Pestalotiopsis funerea* (Desm.) Steyaert — возбудитель песталоциевого некроза побегов многих хвойных и лиственных пород, распространен по всему миру [16]. Обычно встречается на отмирающих листьях и веточках деревьев, однако на хвойных породах может приводить к побурению и засыханию целых побегов. Отдельные молодые хвоинки поражаются, начиная с верхушек, становятся хлоротичными, буреют, выглядят обожженными. Позже на хвоинках формируется конидиальное спороношение гриба в виде черных скоплений. Со временем наблюдается побурение и засыхание целых побегов. Гриб выявлен нами в Минской, Витебской и Гродненской областях на растениях *Thuja occidentalis*, *Juniperus squamata*, *Juniperus* sp. Вероятнее всего, проник в Беларусь с посадочным материалом хвойных интродуцентов (туи, можжевельники и т. д.).

Гриб *Truncatella hartigii* (Tubef) Steyaert — возбудитель некроза побегов разных видов растений; у хвойных пород вызывает некроз хвои, семян, шишек, корневой шейки, гибель сеянцев [18, 19]. Выявлен нами на видах *Pinus* sp. в г. Миоры (Витебская область) и Центральном ботаническом саду НАН Беларуси.

Возбудитель песталоциевой пятнистости — гриб *Pestalotiopsis sydowiana* (Bres.) B. Sutton — поражает побеги разных видов растений. Гриб выявлен нами в Центральном ботаническом саду на видах *Rhododendron* sp. На листьях рододендронов возникают небольшие некротические пятна, сначала желтоватые, позже буреющие, продолговатые или неправильной формы, часто разбросаны по краям листовой пластинки; пораженные листья желтеют и преждевременно засыхают. В некротизированной ткани образуется спороношение гриба в виде черных скоплений. Поражение грибом приводит к усыханию побегов рододендронов.

Таким образом, обследование патогенной микофлоры представителей 74 родов местных и интродуцированных древесно-кустарниковых растений (в том числе 10 — хвойных и 64 — лиственных), проведенное в вегетационный сезон 2016 г., позволило выявить ряд патогенных грибов, чужеродных для насаждений республики. Встречаемость видов *Diaporthe oncostoma*, *Dothistroma septosporum*, *Gremmeniella abietina*, *Pestalotiopsis sydowiana*, *Truncatella hartigii* — единичная. Виды *Erysiphe flexuosa*, *Phyllosticta paviae*, *Hymenoscyphus fraxineus*, *Pestalotiopsis funerea* в насаждениях республики распространены более широко. Впервые в республике выявлено поражение декоративных интродуцентов видами *D. oncostoma*, *T. hartigii*, *P. sydowiana*. Впервые в республике отмечено поражение мучнистой росой (*E. flexuosa*) и бурой пятнистостью листьев (*Ph. paviae*) считающихся устойчивыми растений конского каштана мяско-красного (*Aesculus × carnea*). В большинстве случаев новые виды возбудителей болезней были выявлены на молодых растениях-интродуцентах, что свидетельствует в пользу проникновения их в страну вместе с посадоч-

ным материалом. Сведения по биологии выявленных патогенов малочисленны, информация по вредоносности, путях распространения, дате и месте проникновения в страну отсутствует. Поскольку растения и продукция растениеводства и далее будут ввозиться в Беларусь, эти вопросы являются предметом дальнейшего изучения, а разработка мер по минимизации проникновения, обоснования и дальнейшего распространения новых видов возбудителей болезней и вредителей растений является важнейшей задачей в целях обеспечения экологической безопасности страны.

Список литературы

1. Жуков А. М., Гниненко Ю. И. Развитие лесной фитопатологии и новые угрозы для лесов России // Лесохозяйственная информация. — 2014. — № 4. — С. 13–24.
2. Третьяков Н. Н., Митюшев И. М. Защита цветочных, декоративных и садово-парковых растений от вредителей. — Москва: РГАУ — МСХА им. К. А. Тимирязева, 2009. — 116 с.
3. Болезни и вредители декоративных растений в насаждениях Беларуси / В. А. Тимофеева [и др.]; НАН Беларуси, Центральный ботанический сад; рецензенты Н. В. Гетко, Л. И. Трепашко. — Минск: Бел. наука, 2014. — 185 с.
4. Интерактивный мультимедийный определитель наиболее распространенных болезней в лесном фонде, питомниках и дендропарках [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://cd.intelico.info/>. — Дата доступа: 15.03.2016.
5. Чужеродные виды на территории России [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.sevin.ru/invasive>. — Дата доступа: 09.02.2016.
6. Методы экспериментальной микологии: Справочник / И. А. Дудка [и др.]; под общ. ред. В. И. Билай. — Киев: Наукова думка, 1982. — 550 с.
7. Index Fungorum [Electronic resource]. — Mode of access: <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>. — Date of access: 02.12.2016.
8. Ing B., Spooner B. The horse chestnut powdery mildew *Uncinula flexuosa* in Europe (New British Record 210) // Mycologist. — 2002. — Vol. 16, part 3. — P. 112–113.
9. Федоров Н. И., Никончик А. Д. Мучнистая роса листьев каштана конского обыкновенного в г. Минске // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесн. хоз-во. — 2008. — Вып. XVI. — С. 375–378.
10. *Guignardia aesculi* on species of *Aesculus*: new records from Europe and Asia / K. Pastircakova [et al.] // Mycotaxon. — 2009. — Vol. 108. — P. 287–296.
11. Kowalski T. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland // Forest Pathology. — 2006. — Vol. 36. — P. 264–270.
12. PM 7/117 (1) *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. — Bulletin OEPP / EPPO Bulletin. — 2013. — Vol. 43 (3). — P. 449–461.
13. Pathogenic fungal diseases of branches of the ash in the drying out plantations in Belarus / V. B. Zvyagintsev, O. Yu. Baranov, L. F. Melnik // Fungi and lichens in the Baltics and Beyond: XVIII Symposium of the Baltic Mycologists and Lichenologists Lithuania, Dubingiai. — 2011. — P. 21.
14. Ярук А. В., Звягинцев В. Б. Распространенность халарового некроза в насаждениях и посадках ясеня обыкновенного // Труды БГТУ. — 2015. — № 1. Лесное хозяйство. — С. 207–210.
15. Vajna L. *Diaporthe oncostoma* causing stem canker of black locust in Hungary // Plant Pathology. — 2002. — № 51. — P. 393.
16. Systematic Mycology and Microbiology Laboratory Fungus-Host Distributions Database. U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service [Electronic resource]. — Mode of access: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/fungushost/fungushost.cfm>. — Date of access: 06.12.2016.
17. EPPO (2016) EPPO Global Database [Electronic resource]. — Mode of access: <https://gd.eppo.int>. — Date of access: 02.12.2016.
18. Ivanová, H. Comparison of the fungi *Pestalotiopsis funerea* (Desm.) Steyaert and *Truncatella hartigii* (Tubaeuf) Steyaert isolated from some species of the genus *Pinus* L. in morphological characteristics of conidia and appendages / H. Ivanová // Journ. of forest science. — 2016. — Vol. 62, № 6. — P. 279–284.
19. Susceptibility of cones and seeds to fungal infection in a pine (*Pinus* spp.) collection / V. Vujanovic [et al.] // Forest Pathology. — 2000. — Vol. 30(6). — P. 305–320.

Новые экологически-ориентированные технологии защиты посадочного материала от болезней и вредителей в питомниках и лесных культурах в Беларуси

Дишук Н. Г.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь,
dishukn@rambler.ru

Резюме. Приведены результаты разработки и внедрения новых эколого-ориентированных технологий защиты сеянцев и саженцев в лесных питомниках и лесных культурах Республики Беларусь. В результате фитопатологического обследования выявлены и идентифицированы возбудители болезней и вредные насекомые сеянцев и саженцев и лесных культур, установлена их распространенность и вредоносность. В результате испытаний биологической эффективности фунгицидов и инсектицидов зарегистрированы и внесены в «Государственный Реестр...» 29 препаратов, предназначенных для защиты посадочного материала и лесных культур в Беларуси. Разработаны рекомендации по профилактике и защите растений от вредителей и болезней.

New environmentally oriented technologies for protection of planting material in nurseries and forest cultures from diseases and pests in The Republic of Belarus. Dishuk N. G. **Summary.** The article presents the results of development and promotion of new environmentally oriented technologies for protection of seedlings and saplings in nurseries and forest cultures from diseases and pests in Belarus. As a result of forest pathology research there were identified species stuff of seedlings and saplings pests and diseases, their prevalence and harmfulness was established. As a result of the biological effectiveness test of insecticides and fungicides 29 pesticides were registered in «State Register...» for forest protection systems in Belarus. Recommendations for prophylactic and forest protection measures were developed.

В республике постепенно увеличивается площадь покрытых лесом земель, сохраняется их формационная структура и биоразнообразие, повышается устойчивость и продуктивность лесных насаждений. Ежегодно за счет посева и посадки закладываются десятки тысяч гектаров новых лесов. Для лесокультурных работ в питомниках выращивается сотни миллионов штук стандартного посадочного материала, что позволяет полностью обеспечивать выполнение плана создания лесных культур и реализовывать излишки посадочного материала на экспорт. Лаборатория защиты растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси (ЦБС) внесла весомый вклад в выполнение этих задач. Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь поручило ЦБС разработать и внедрить в производство экологически безопасные системы защиты растений от вредителей и болезней в питомниках и лесных культурах. Работы в этом направлении выполнялись в рамках двух программ: ГНТП «Управление лесами и рациональное лесопользование», 2006–2010 гг., задание 3.18 «Разработать и внедрить экологически безопасные системы защиты растений от вредителей и болезней в питомниках (в т. ч. от фитофтороза)», и ГНТП «Леса Беларуси — продуктивность, устойчивость, эффективное использование», 2011–2015 гг., задание 4.2 «Разработать и внедрить экологи-

ориентированные технологии защиты лесных культур от инфекционных болезней и вредных насекомых».

В начале 2000-х годов перед лесхозами остро встал вопрос о невозможности осуществлять лесозащитные мероприятия из-за отсутствия эффективных и безопасных инсектицидов и фунгицидов, разрешенных для применения в лесах республики в связи с введением процедуры сертификации лесхозов. Она осуществляется в рамках Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь по основным международным схемам лесной сертификации: Лесного Попечительского Совета (FSC) и Европейского совета по лесной сертификации — Совета — PEFC. Лесная сертификация выдвигает высокие требования к безопасности химических средств защиты растений, используемых лесохозяйственными предприятиями республики [1]. По версии FSC запрещено применение фунгицидов, инсектицидов и др. средств защиты растений, которые содержатся в списке высокоопасных. Этот список, в соответствии с изменениями, принимаемыми ВОЗ, постоянно расширяется, в него попадают ранее отнесенные к безопасным химическим соединениям средства защиты растений. Ассортимент пестицидов, находящихся на вооружении лесхозов на тот период, был невелик и состоял из 3–5 препаратов, большинство из которых по версии FSC были запрещены для применения в лесохозяйственных предприятиях республики. Все эти обстоятельства поставили под угрозу производство здорового посадочного материала в лесных питомниках и выполнение планов по созданию новых и защите существующих лесных насаждений от опасных болезней и вредных насекомых.

Значительные пробелы существовали на тот момент и в объективной оценке существующей фитопатологической ситуации в питомниках и лесных культурах республики, сведения носили отрывочный характер, не существовало общей и полной картины. В связи с этим перед лабораторией защиты растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси были поставлены следующие задачи: за короткий период времени изучить фитосанитарную обстановку в лесных питомниках и лесных культурах в республике; определить причины поражения и повреждения растений вредителями и болезнями; выявить и идентифицировать наиболее вредоносные и опасные патогены и фитофаги. Результатом разработки должны были явиться новые современные технологии защиты посадочного материала в лесных питомниках, разработанные на основе испытанных в производственных условиях и зарегистрированных в республике новых экологически безопасных фунгицидов и инсектицидов. Наиболее эффективные препараты должны были пройти государственную регистрацию и внесены в «Государственный реестр средств защиты растений...».

В соответствии с поставленными задачами, в 2005–2015 гг. проведено детальное фитопатологическое обследование базисных лесных питомников во всех областях республики (всего более 40 питомников). Были установлены основные причины, приводящие к гибели выращиваемого посадочного материала и снижению его качественных показателей. Выявлены наиболее распространенные и опасные возбудители инфекционных болезней и вредителей семян и саженцев, идентифицирован их видовой состав. Было идентифицировано 20 видов наиболее опасных и распространенных болезней всходов и семян, а также болезней побегов, хвои, листьев. Установлено, что наибольший ущерб питомникам приносит инфекционное полегание всходов, которое может вызвать гибель более 70% семян. Определено, что основными причинами развития этой болезни является накопление инфекционного потенциала в почве, неблагоприятные условия произрастания, нарушение агротехники выращивания. Также установлено, что неинфекционная гибель всходов и семян в большинстве случаев обусловлена водным дефицитом и высокими температурами почвы и воздуха.

Выявлены наиболее распространенные болезни и вредители, вызывающие поражение и повреждение хвои и листьев основных лесобразующих пород, определена их вредоносность и распространенность, идентифицирован видовой состав. Установлено, что наиболее опасным заболеванием хвойных пород в питомниках являются болезни хвои «типа шютте», отсутствие мер борьбы с этим заболеванием приводит к 100% поражению хвои сосны.

В питомниках и лесных культурах наибольшую вредоносность и распространенность, наряду с болезнями хвои и листьев, получили болезни побегов. Идентифицирован видов состав патогенов, определены сроки их появления, установлены источники распространения.

В результате обследования лесных питомников и лесных культур во всех областях республики были выявлены новые для республики возбудители инфекционных болезней и вредителей основных лесообразующих и декоративных видов древесно-кустарниковых растений.

Параллельно с этими исследованиями лабораторией защиты растений проводились и проводятся работы по поиску новых химических средств защиты растений (инсектициды, фунгициды), применение которых позволило бы эффективно защитить сеянцы и саженцы лесных пород от наиболее опасных и распространенных патогенов и фитофагов. Объектом исследований были препараты, разрешенные к использованию в сельском хозяйстве, и которые потенциально могли быть применены в лесозащите. Ранее в лесном хозяйстве эти химические соединения против возбудителей инфекционных болезней и вредных насекомых лесных пород не применялись. Задачей лаборатории было изучить фунгицидные и инсектицидные свойства средств защиты растений к возбудителям болезней и вредителям лесных пород, выявить среди них наиболее эффективные и универсальные препараты, найти оптимальные нормы внесения и определить сроки их применения. При отборе тестируемых пестицидов преимущество отдавалось современным препаратам, в состав которых входят новые химические эколого-ориентированные соединения, обладающие высокой биологической эффективностью, способные подавлять и убивать возбудителей разных типов болезней.

На основе целой серии лабораторных исследований было изучено действие более 30 фунгицидов на большой спектр патогенов, исследованы их фитотоксические свойства. Малоэффективные препараты исключались из списка перспективных для регистрации и применения на предприятиях Минлесхоза. К производственным испытаниям были допущены наиболее эффективные фунгициды, протравители и инсектициды, которые выпускают как известные во всем мире производители средств защиты растений, так и белорусские фирмы.

При проведении вегетационных опытов и производственных испытаний в лесных питомниках и в молодых насаждениях было установлено, что новые современные препараты имеют большой период защитного действия (от 2–5 недель), благодаря быстрому проникновению в растения являются дождеустойчивыми. Многие из них не только не фитотоксичны, но и обладают стимулирующим действием на растения.

Производственные испытания фунгицидов и последующий анализ результатов применения показали, что залогом успешной борьбы с инфекционными болезнями хвои и листьев являются своевременно проведенные обработки. Изменение сроков проведения защитных мероприятий на незначительное время может привести к высокой степени поражения болезнями и значительно ухудшить качество посадочного материала. Также нами были определены наиболее существенные моменты в агротехнике, влияющие на степень устойчивости растений к патогенам и фитофагам и способные снижать уровень инфекционной нагрузки в посевных и школьных отделениях питомников.

Результатом работы явилась регистрация 7 фунгицидов-протравителей, высокоэффективных против полегания (Бенефис, МЭ; Виал-ТТ, ВСК; Витарос, ВСК; Иншур Перформ, КС; Ламадор, КС; Максим XL, СК; Раксил, КС). Как показали последующие наблюдения, данные препараты при правильном их применении способны успешно бороться с данным заболеванием в лесных питомниках и обеспечивают снижение пораженности всходов более чем на 70%.

Против болезней хвои, листьев и побегов было испытано и зарегистрировано 14 фунгицидов (Абсолют, КЭ; Азимут, КЭ; Беллис, ВДГ; Замир Топ, КЭ; Колосаль Про, КЭ; Менара, КЭ; Медея, МЭ; Прозаро, КЭ; Раек, КЭ; Ракурс, СК; Спирит, СК; Титул ДУО, ККР, Фалькон, КЭ; Фоликур БТ, КЭ). Все изученные препараты показали в производственных испытаниях высокую биологическую эффективность (более 80%) против таких болезней листьев, как мучнистая роса и пятнистости, а также болезней хвои и побегов сосны и ели.

Против вредителей надземных частей растений и вредителей корней было зарегистрировано 8 инсектицидов и инсектицидов-протравителей (Актара, ВДГ; Конфидор Экстра, ВДГ; Танрек, ВРК; Имидор, ВРК; Вирий, КС; Круйзер, КС; Имидор Про, КС; Табу, ВСК).

Фунгициды, фунгициды-протравители, инсектициды и инсектициды-протравители были зарегистрированы и внесены в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории республики Беларусь» [2].

Таким образом, лаборатория защиты растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси внесла весомый вклад в выполнение задач по обеспечению защиты лесных культур и выращиваемого в лесных питомниках республики посадочного материала, предназначенного для лесовосстановительных работ. На основе использования новых препаратов были разработаны современные экологически безопасные технологии защиты растений от вредителей и болезней, которые позволяют уменьшить вредоносность патогенов и фитофагов в питомниках и лесных культурах республики. Результатом работы явилась разработка целого ряда документов, которые были утверждены, применяются всеми лесохозяйственными предприятиями республики: «Рекомендации по защите всходов семян от инфекционного полегания», «Методические указания по защите семян и саженцев хвойных и лиственных пород от болезней», «Методические указания по защите семян и саженцев хвойных и лиственных пород от вредителей», «Методические указания по защите лесных культур от инфекционных болезней», «Методические указания по защите лесных культур от вредных насекомых», «Рекомендации по профилактике наиболее распространенных болезней и защите посадочного материала в лесных питомниках».

Список литературы

1. Ministry of Forestry of the Republic of Belarus. Forest certification in Belarus [Electronic resource]. — Mode of access: <http://www.mlh.gov.by/en/our-additional-activities/certification/lesnaya-sertifikatsiya-v-respublike-belarus/>. — Date of access: 07.04.2017.
2. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных для применения на территории Республики Беларусь / Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений. — Минск: Промкомплекс: 2014. — 627 с.

Интродукция растений как фактор формирования комплекса инвазивных видов гемиптероидных насекомых (*Hemipteroidea*) рецентной фауны Беларуси

Жоров Д. Г., Буга С. В.

Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь, zoo@bsu.by

Резюме. В рецентной фауне Беларуси присутствуют 54 чужеродных вида *Hemipteroidea* (Insecta). Среди них 51 вид — специализированные фитофаги, повреждающие только интродуцированные растения, чужеродные для аборигенной флоры Беларуси, — всего 85 видов интродуцированных растений, принадлежащих к 29 родам и 17 семействам. 26 инвазивных видов *Hemipteroidea* являются вредителями декоративных растений и зеленых насаждений, 15 видов повреждают плодово-ягодные культуры, 9 видов — вредители хвойных пород. Очевидно, интродукция растений выступает в качестве главного фактора формирования комплексов инвазивных видов насекомых-фитофагов.

Plant introduction as a factor of formation of invasive species of hemipteroid insects (*Hemipteroidea*) complex in the recent fauna of Belarus. Zhorov D. G., Buga S. V. **Summary.** 54 alien species of *Hemipteroidea* (Insecta) are present in the recent fauna of Belarus. Among them 51 species are specialized phytophagous insects damaging introduced plants alien for aboriginal flora of Belarus only. Among them 85 species of introduced plants belong to 29 genera and 17 families. 26 invasive species of *Hemipteroidea* are pests of ornamental plants and green stands, 15 species damage fruit — and berries producing cultures, 9 species are pests of coniferous plants. Obviously, plant introduction is the main factor of invasive phytophagous insect complexes formation.

В настоящее время в качестве одной из наиболее актуальных и острых экологических проблем выступают неконтролируемые биологические инвазии, под которыми подразумевается экспансия чужеродных видов на ранее незаселенные ими территории [1, 2]. Внедрение таких вселенцев в нативные сообщества ведет к изменению структурно-функционального состояния соответствующих экосистем, что рассматривается в качестве одной из основных угроз для сохранения биологического разнообразия [3, 4]. Многие из адвентивных видов выступают в качестве экономически значимых вредителей декоративных и лекарственных растений, а также сельскохозяйственных и лесных культур [5], и на этом основании могут быть отнесены к числу инвазивных.

В фауне Беларуси к началу столетия сформировалась существенная компонента адвентивных форм, в структуре рецентной дендрофильной афидофауны она составляла 27,6% [6]. За прошедшее время процесс экспансии на территорию страны таких видов животных продолжался. Наиболее опасные чужеродные виды вошли в изданную в 2016 г. «Черную книгу инвазивных видов животных Беларуси» [7]. Однако многие представители адвентивной компоненты рецентной фауны остались вне поля зрения, и задачей настоящей работы было рассмотрение таксономического состава комплексов инвазивных видов гемиптероидных насекомых, сформировавшихся к настоящему времени в условиях Беларуси.

Данные обобщения основываются на результатах обработки фактического материала, собранного за период с 1984 г. с использованием методик энтомологических исследований, учитывающих специфику гемиптероидных насекомых, на территории всех 6 административных областей Республики Беларусь, а также всех 5 ландшафтно-географических провинций [8], 7 лесорастительных [9], 4 агроклиматических зон [10] и 5 районов интродукции древесных растений в Беларуси [11]. Помимо собственных, в анализ были вовлечены материалы, собранные в разные годы сотрудниками и аспирантами кафедры зоологии Белорусского государственного университета, в числе которых О. И. Бородин, В. Е. Яриго, Д. Л. Петров, Н. В. Лещинская, Ф. В. Сауткин, А. С. Рогинский и О. В. Синчук.

По результатам проведенных исследований представляется возможным констатировать присутствие в рецентной фауне Беларуси 54 инвазивных видов гемиптероидных насекомых из 34 родов и 11 семейств 3 отрядов: грудохоботных (*Sternorrhyncha*), шеехоботных (*Auchenorrhyncha*) и бахромчатокрылых (*Thysanoptera*) насекомых. Грудохоботные представлены 51 видом, в их числе 2 вида *Psylloidea* — *Psylla buxi* L., *Cacopsylla hippophaes* (Förster), *Psyllidae*; 2 вида *Coccidoidea* — *Parthenolecanium fletcheri* (Ckll.), *Coccidae* и *Pinnaspis buxi* (Bouché), *Diaspididae*; 3 вида *Phylloxeroidea* — *Adelges laricis* Vall., *Cholodkovskya viridana* (Chol.), *Pineus strobi* Hart., *Adelgidae*, а также 44 вида *Aphidoidea*, — 4 вида *Eriosomatidae*: *Pemphigus borealis* Tullg., *Pemphigus immunis* Buckt., *Pemphigus spyrothecae* Pass., *Pemphigus passeki* Börn., 10 видов *Drepanosiphidae*: *Chromaphis juglandicola* Kalt., *Drepanosiphum platanoidis* (Schrnk.), *Appendiseta robiniae* (Gill.), *Myzocallis komareki* Pašek, *Myzocallis walshii* Monell, *Panaphis juglandis* (Gz.), *Periphyllus acericola* (Walk.), *Phyllaphis fagi* L., *Therioaphis tenera* Aiz., *Tinocallis saltans* (Nevsk.), 4 вида *Lachnidae*: *Cinara cuneomaculata* Guerc., *Cinara cupressi* Buckt., *Cinara laricis* Hart., *Eulachnus rileyi* Will., 26 видов *Aphididae*: *Acyrtosiphon caraganae* Chol., *Aphis catalpae* Mam., *Aphis craccivora* Koch, *Aphis gossypii* Glov., *Aphis intybi* Koch, *Aphis spiraecola* Patch, *Aphis spiraephaga* F. P. Müller, *Brachycaudus divaricatae* Shap., *Brachycaudus prunicola* Kalt., *Brachycaudus spiraeae* Börn., *Capitophorus elaeagni* Guerc., *Capitophorus hippophaes* Walk., *Capitophorus pakansus* Hot. & Fris., *Capitophorus similis* v. d. Goot, *Cryptomyzus ribis* L., *Elatobium abietinum* Walk., *Hyadaphis tataricae* Aiz., *Impatientinum asiaticum* Nevsk., *Macrosiphum albifrons* Ess., *Myzus cerasi* F., *Myzus ligustri* Mosl., *Myzus lythri* Schrnk., *Myzus padellus* H. R.L. & Rog., *Myzus pruniavium* Börn., *Brachycorynella lonicerina* Shap., *Uroleucon cichorii* (Koch). Отряд шеехоботных рецентной фауне Беларуси представлен 2 видами-инвайдеров — *Stictocephala bisonia* Kopp & Yonke, *Membracidae* и *Igutettix oculata* (Lindb.), *Cicadellidae*. Бахромчатокрылые насекомые, или трипсы в составе адвентивной компоненты фауны региона представлены единственным видом — *Dendrothrips ornatus* (Jabl.), *Thripidae*.

В составе рассмотренного комплекса 51 вид из 54 принадлежит к числу специализированных фитофагов, способных развиваться на ограниченном числе растений-хозяев. Для этих видов в качестве кормовых выступают исключительно интродуценты, что и является основанием для отнесения этих фитофагов к числу чужеродных для аборигенной фауны Беларуси, — то есть адвентивных форм. При этом они являются вредителями растений, интродуцированных в страну в рамках работ по мобилизации растительных ресурсов, что заставляет рассматривать их в числе инвазивных, то есть чужеродных для фауны, наносящих ущерб человеку и/или природным сообществам видов. Три вида полифагов отнесены к числу адвентивных на основании данных специальной литературы [5, 12, 13], отражающих результаты изучения их географического происхождения и/или хода экспансии за пределы естественноисторически сложившихся ареалов.

Выявленный состав комплекса инвазивных видов гемиптероидных насекомых позволил очертить круг их трофических связей и рассмотреть спектры их кормовых растений. Полученные результаты дают возможность констатировать, что в качестве их растений-хозяев в условиях Беларуси выступают 85 видов интродуцентов из 29 родов и 17 семейств.

На основании полученных данных были выделены группы инвайдеров — вредителей декоративных, плодово-ягодных и хвойных культур в условиях Беларуси. Так, в качестве вредителей плодово-ягодных культур выступают 15 инвазивных видов, в числе которых 13 видов тлей (*A. spiraecola*, *B. divaricatae*, *B. prunicola*, *C. elaeagni*, *C. hippophaes*, *Ch. juglandicola*, *C. pakansus*, *C. ribis*, *C. similis*, *M. cerasi*, *M. lythri*, *M. pruniavium*, *P. juglandis*), 1 вид цикадовых (*S. bisonia*) и 1 вид

листоблошек (*C. hippophaes*). Декоративные растения в условиях зеленых насаждений Беларуси повреждают 26 инвазивных видов Hemipteroidea (*A. catalpae*, *A. caraganae*, *A. craccivora*, *A. gossypii*, *A. robiniae*, *A. spiraecola*, *A. spiraephaga*, *B. lonicerina*, *B. spiraeae*, *D. ornatus*, *D. platanoidis*, *I. oculata*, *H. tataricae*, *M. komareki*, *M. ligustri*, *M. walshii*, *P. acericola*, *P. borealis*, *Ps. buxi*, *P. buxi*, *P. immunis*, *P. passeki*, *P. spyrothecae*, *Ph. fagi*, *T. saltans*, *Th. tenera*). Хвойным породам вредят 9 инвазивных видов гемиптероидных насекомых (*A. laricis*, *E. abietinum*, *E. rileyi*, *C. cuneomaculata*, *C. cupressi*, *C. laricis*, *Ch. viridana*, *P. fletcheri*, *P. strobi*).

В целом, по результатам выполненных исследований можно заключить, что именно интродукция растений создала предпосылки для проникновения на территорию Беларуси по меньшей мере 51 чужеродного для региональной фауны вида гемиптероидных насекомых и формирования в рецентной фауне Беларуси достаточно крупной фракции адвентивных форм.

Список литературы

1. Семенченко В. П., Пугачевский А. В. Проблема чужеродных видов в фауне и флоре Беларуси / Наука и инновации. 2006. Т. 44, № 10. С. 15–20.
2. Handbook of Alien Species in Europe / ed. J. A. Drake. Springer: Netherlands, 2009. 339 p.
3. Конвенция о биологическом разнообразии. Женева: Женевское правительство ООН, 1992. 32 с.
4. Дгебуадзе Ю. Ю. Биологические инвазии чужеродных видов — глобальная экологическая проблема / Сохранение биологического разнообразия как условие устойчивого развития. М.: ООО «Типография ЛЕВКО», 2009. С. 70–80.
5. Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI) [Electronic resource]. — URL: <http://www.cabi.org/> (Data of access 6.03.2017).
6. Буга С. В. Структура и экологические основы формирования фауны дендрофильных тлей Беларуси: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.09; 03.00.16. Минск, 2002. 41 с.
7. Черная книга инвазивных видов животных Беларуси / под общ. ред. В. П. Семенченко. Минск: Беларуская навука, 2016. 105 с.
8. Марцинкевич Г. И., Клицунова Н. К., Счастливая И. И., Якушко О. Ф. Теоретические проблемы и результаты комплексного географического районирования территории Беларуси / Выбранные научные работы БДУ. Минск, 2001. С. 333–356.
9. Юркевич И. Д., Голод Д. С., Адериго В. С. Растительность Белоруссии, ее картографирование, охрана и использование. Минск: Наука и техника, 1979. 248 с.
10. Мельник В. И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларуси: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23. Минск, 2004. 21 с.
11. Нестерович Н. Д. Интродукционные районы и древесные растения для зеленого строительства в Белорусской ССР. Минск: Наука и техника, 1982. 111 с.
12. Бородин О. И. Фауна цикадовых (Hemiptera: Fulgoromorpha & Cicadomorpha) Беларуси: таксономическая структура, эколого-биологические особенности и основные пути формирования: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.04. Минск, 2017. 39 с.
13. Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe [Electronic resource]. — URL: www.europe-alien.org/ (Data of access: 25.02.2017).

Особенности защиты растений от вирусов в искусственных экосистемах Главного ботанического сада РАН

Келдыш М. А., Червякова О. Н.

Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН, г. Москва, Россия,
k.marina2009@mail.ru

Резюме. В статье обсуждаются особенности противовирусной защиты, связанные с наличием экосистем различной степени антропогенного воздействия. Показано, что происходит изменение видового состава вирусов и их векторов, соотношения и структуры их популяций. Акцентируется внимание на процессах формирования новых патологических связей с растениями, фактах репродукции несвойственных вирусов в растениях различного филогенетического спектра и адаптации векторов к новым видам кормовых растений. Представлена система защиты растений.

Features of protection of plants against viruses in artificial ecosystems of the Main botanical garden of the Russian Academy of Sciences. Keldysh M. A., Chervyakova O. N. **Summary.** In article the features of antiviral protection connected with presence ecosystems of various extent of anthropogenous influence are discussed. It is shown that there is a change of specific composition of viruses and their vectors, ratios and structures of their populations. The attention is focused on processes of formation of new pathological interactions with plants, the facts of a reproduction of unusual viruses in plants of various phylogenetic range and adaptation of vectors to new types of fodder plants. The system of plant protection was shown.

Вирусы распространены повсеместно. Едва ли есть хотя бы один вид растения, на котором их не обнаружено. Так, если в 1955 г. число идентифицированных вирусов приближалось к 250, к 1980 г. превысило 600, то в 2000 г. их число достигло 1000 наименований [1]. В настоящее время согласно «Списку вирусов растений» [2] зарегистрировано уже около 2000 фитопатогенных вирусов и, очевидно, что он еще далеко не полон.

Последние десятилетия в целом характеризуются тотальным изменением эпифитотической ситуации, вызванной различными вредными организмами [3–6]. Происходит активный процесс формирования новых патологических связей, которые установлены для вирусов, переносимых тлями, цикадками, нематодами и грибами. Новые патосвязи зарегистрированы нами в экосистемах злаковых, бобовых, плодовых, ягодных, цветочных, лекарственных, овощных и других культур. На основе мультивариантных анализов выявлены новые варианты паразитарных комплексов и показано вовлечение в процесс циркуляции несвойственных вирусов и новых растений носителей. Одним из основных факторов адаптивной изменчивости вирусов, расширения спектра поражаемых видов растений являются векторы [7, 8]. Для целого ряда представителей *Aphididae* (*Myzus persicae* Zulz., *M. cerasi* F., *Aphis pomi* De Geer., *A. fabae* Scop., *A. grossulariae* Kalt., *Amphorophora rubi* Kalt., *Macrosiphum rosae* L. и др.) выявлена функция переноса несвойственных вирусов, при этом эффективность передачи может достигать 20–60%. Неканонические связи установлены нами и на уровне их внутривидовых структур, в том числе специфических патогенов.

В различных экосистемах ГБС РАН выявлен высокий уровень персистирования вирусов из различных таксономических групп. Например, проведенный вирусологический анализ коллекции *Prunoidea* (*Cerasus*, *Prunus*, *Padus*, *Amygdalus*, *Laurocerasus*) обнаружил на их представителях 10 вирусов, в том числе и несвойственных. Показано, что возросла частота встречаемости таких вирусов как крапчатость гвоздики (CarMV), табачной мозаики (TMV), аспермии томатов (ATV), X, Y, S картофеля (PVX, PVY, PVS) на несвойственных видах растений. Наличие неканонических связей установлено нами и на уровне специфических систем.

Экосистемы ботанических садов представляют особую категорию искусственных биоценозов, подверженных различной степени антропогенного воздействия. Они представлены различными типами в зависимости от целевого назначения, технологий выращивания, состава и доминирующих видов растений. В насаждениях последних наблюдаются изменения видового состава вредных организмов, соотношения и структуры их популяций, смена доминирующих видов, возрастание экспрессии факторов вирулентности. Процесс формирования новых патологических связей, разрушение сложившихся паразитарных систем наиболее активно происходит в антропогенных системах, в том числе и в условиях интродукции. Наблюдается расширение очагов наиболее вредоносных вирусов и других патогенов со сходной циркуляцией, распространение комплексных, латентных, новых инфекций на фоне стрессовых воздействий. Динамика распространения вирусов и их векторов за последние десятилетия значительно изменилась. Во времени происходят процессы трансформации морфологических признаков, состава патоккомплексов, частоты встречаемости и уровня их доминирования.

Формирование новых паразитарных комплексов с участием вирусов связано с трансформацией фитоценозов, в которых они персистируют. Системный анализ вирусов (Poty, Carla, Cucumo, Nepo, Par) в пределах экосистем и таксонов различной эволюционной подвижности свидетельствуют о высоком уровне их адаптивности к новым альтернативным видам растений-хозяев и вариабельности их взаимоотношений на уровне биологических, физических, серологических и векторных свойств. Выявлены факты репродукции несвойственных вирусов в растениях различного филогенетического спектра, а также адаптации популяций векторов (Aphididae, Cicadinea, Nematode) к новым кормовым растениям; для ряда видов тлей установлено существенное увеличение репродукционного потенциала. В таких условиях наблюдается и изменение спектра устойчивости к отдельным возбудителям (векторам) их комплексу, возможна редукция вертикальности или усиление горизонтальности.

Данные, полученные нами на основе комплексного системного мониторинга, свидетельствуют о том, что вирусологическая ситуация в экосистемах ботанического сада претерпела значительные изменения. За период с 1995 года возрос уровень частоты взаимообусловленных адаптаций потенциальных переносчиков и вирусов, циркулирующих *ex situ*. Специфичность векторов, равно как и неспособность к передаче вирусов, по-видимому, не являются абсолютной категорией.

Адаптация переносчиков к новым кормовым растениям — носителям инфекции является одним из селективных факторов, действие которого индуцирует изменение векторной функции и соответственно специфичности вирусов. Моделирование систем вирус — переносчик — хозяин в контролируемых условиях свидетельствует о возможности усиления этого процесса. Ретроспективный анализ распространения вирусов в период 1980–2015 гг. свидетельствует о том, что на протяжении различных этапов обозначенного периода наблюдались изменения морфологических признаков, состава патоккомплексов, частоты встречаемости их компонентов, уровня доминирования и латентности. При переносе неспецифическими векторами отмечена значительная вариабельность фенотипического проявления вирусов на основных и альтернативных хозяевах. На гетерологичных (несвойственных) растениях обнаружены наряду с типовыми вариантами вирусов, изоляты с измененными

свойствами (вирулентность, способность к передаче). Наблюдаемая трансформация биологических возможностей и свойств возбудителей и векторов влияет на характер циркуляции инфекции, приводит к перераспределению соотношения популяций вредных организмов, их ареалов, уровня доминирования в ценозах и формированию новых патосистем [9, 10]. Вирусы являются неотъемлемой составляющей любой экосистемы и одним из серьезных факторов сокращения биоразнообразия и нарушения биологического равновесия. Необходимость защиты от этой группы патогенов не вызывает сомнения.

Уровни стрессовых ситуаций, вызываемых вирусами, обусловлены большим количеством причинных факторов. Состояние их популяций изменяется во времени в насаждениях с различной фитоценотической структурой и амплитудой адаптации к неблагоприятным факторам. Происходит изменение характера ответных реакций растений в зависимости от количества и сочетания компонентов паразитарных комплексов. Исходя из этого, становится очевидным, что для снижения воздействия вирусов до безопасного уровня необходимы превентивный анализ и контроль состояния популяций в связи с факторами, детерминирующими их вариабельность в различных экосистемах.

Общая технологическая схема управления фитосанитарным состоянием экосистем включает этапы фитосанитарного мониторинга, оценки его результатов, редукцию химических средств защиты растений, а также ориентацию на максимальную мобилизацию природных механизмов биоценотической регуляции [11].

В целом, новая парадигма защиты растений на современном этапе базируется на максимальном использовании приемов и методов регулирования взаимодействия растений и вредных организмов с учетом факторов управления динамикой численности популяций полезных видов, включает оптимизацию технологий возделывания растений, сохранение оптимального видового и внутривидового разнообразия. Иными словами, предполагается конструирование «биоценотической среды» посредством управления видовым составом и ценотическими отношениями для поддержания экологического равновесия в экосистемах на основе триотрофа [12].

Тактика защиты от вирусов должна быть дифференцирована в зависимости от конкретных условий. При этом необходима ориентация на возможное появление новых патогенов, переход последних с других культур, эмерджентные и типовые объекты. Следует учитывать, что использование современных технологий возделывания растений, селекция и интродукция новых сортов, активный обмен посадочным материалом, использование пестицидов и физиологически активных веществ индуцируют процессы изменения видового состава и численности популяций патогенов и переносчиков. Базовые направления включают профилактические мероприятия, использование устойчивых сортов, здорового посадочного и семенного материала, адаптивных технологий возделывания растений, контроль за содержанием основных биогенных и микроэлементов в грунте и растениях, уничтожение сорняков и носителей инфекции, своевременное выявление источников инфекции на основе применения высокотехнологичных методов. Важным элементом является защита от векторов на основе знания и прогноза их видового состава и биолого-экологических характеристик. Учитывая современные тенденции, направленные на экологизацию защиты растений, следует обратить особое внимание на использование малотоксичных препаратов, биопрепаратов, иммуномодуляторов, адаптогенов и стимуляторов роста.

Как уже упоминалось выше, биоценозы Главного ботанического сада представлены различными экосистемами, многие из которых характеризуются утратой способности к саморегуляции. Известно, что процессы микроэволюции в условиях таких систем, индуцируемые антропогенными факторами, в целом, ускоряются [13]. В этих условиях задачи совершенствования защиты растений приобретают особую значимость. При этом необходимо учитывать, что эффект оздоровления экосистем может быть получен лишь путем разработки мер прерывания биоценотических процессов с участием вредных организмов на ран-

них стадиях их саморазвития. Исходя из этого, с учетом биоценологических связей и должны складываться подходы к защите растений и от вирусов, в том числе, в экосистемах ботанических садов. Иными словами, предусматривается разработка методологии экологически направленной системы защиты растений на основе принципов биомониторинга, прогноза и активизации естественных механизмов регуляции численности популяций вирусов и их векторов. Важным компонентом системы является направленное программирование сочетаний растений.

Список литературы

1. Gergerich R. C., Dolja V. V. Introduction of plant viruses the Invisible Fol. The Plant Health Instructor, 2006.
2. Plant virus online — Index to virus species. Mode of access: <http://sdb.im.ac.cn/vide/sppindex.htm>.
3. Келдыш М. А. Вирусные болезни растений в Главном ботаническом саду им. Н. В. Цицина РАН (Видовой состав, эпифитотииология, меры борьбы). Бюл. ГБС. 1996. Вып. 173. С. 170–180.
4. Сонин М. Д., Бэер С. А., Ройтман В. А. Паразитарное «загрязнение» урбанизированных экосистем (основы концепции). VI Всерос. симп. по популяционной биологии паразитов. М., 1995. С. 92–94.
5. Hanssen J. M. Pepino mosaic virus: a successful pathogen that rapidly evolved from emerging to endemic tomato crop/ Hanssen J. M., Thomma B. P.H. S. Hol. Plant Pathol. 2010. Vol. 11. P. 179–189.
6. Marcone et al. Witches broom of *Sarothamnus scoparius*: A new disease associated with a phytoplasma related to the *sparium* witches broom agent. J. Phytopathol. 1997. 145. № 4. P. 159–161.
7. Келдыш М. А., Помазков Ю. И., Червякова О. Н. Вариабельность вирусов в экосистемах. Ботанические сады в современном мире: теоретические и прикладные исследования. Матер. всерос. научн. конф. М., 2011. С. 256–261.
8. Keldysh M. A., Pomaskov Y. I., Arushanova E. S., Chervyakova O. N. Vectors as epidemiological factors in widening the host range for viruses of fruit trees and small fruit crops. Acta Horticulturae. 1998. N472. Vol. 1. P. 147–150.
9. Келдыш М. А., Червякова О. Н. Особенности распространения и адаптивности вирусов в экосистемах древесных растений. Древесные растения: фундаментальные и прикладные исследования. М., 2013. Вып. 2. С. 46–53.
10. Помазков Ю. И., Келдыш М. А. Адаптивный потенциал устойчивости растений к трансмиссионным вирусам. Вестник РУДН, сер. Сельскохозяйственные науки, Агрономия. 2002. № 8. С. 70–75.
11. Павлюшин В. А., Вилкова Н. А., Сухорученко Г. И., Нефедова Л. И., Фасулати С. Р. Фитосанитарная дестабилизация агроэкосистем. С.-П.: «Родные просторы». 2013. 184 с.
12. Павлюшин В. А., Новожилов К. В., Вилкова Н. А., Сухорученко Г. И. Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем. Матер. III Всерос. съезда по защите растений «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем». С.-П., 2013. Т. 1. С. 150–158.
13. Шварц С. С. Экологические закономерности эволюции. М.: «Наука», 1980. 278 с.

Проблемы защиты насаждений яблони от инвазивных видов фитопатогенных микроорганизмов

Комардина В. С.

Институт защиты растений, аг. Прилуки, Беларусь, nika0804@yandex.ru

Резюме. В результате 10-летних наблюдений за распространенностью инвазивных видов микроорганизмов, вызывающих антракноз (ожог) коры и карантинное заболевание бактериальный ожог плодовых культур установлено, что распространенность болезней усиливается — возникают новые очаги болезней, поражаются новые сорта яблони. Разработанные защитные мероприятия против бактериального ожога, включающие санитарную обрезку, 4–6-кратные обработки медьсодержащими препаратами (Азофос, 50% к. с. и Абига-Пик, ВС) и против антракноза коры, включающие 2-кратную обработку фунгицидом из группы бензимидазолов Топсин-М, позволяют локализовать очаги, предотвратить дальнейшее распространение болезней и получить биологическую эффективность против бактериального ожога — до 100%, антракноза — 61–78%.

Problems of apple plantations protection against the invasive species of phytopathogenic microorganisms. Komardina V. S. **Summary.** As a result of 10 summer observations of the invasive microorganisms species causing — bark anthracnose (scorch) and the quarantine disease, a bacterial blight of fruit crops it is determined that the diseases incidence is increasing — new foci of diseases are emerging, new apple varieties are affected. The developed protective measures against bacterial blight, including sanitary pruning, 4–6 times treatment with copper-containing preparations (Azofos, 50% s. c. and Abiga-Peak, AS) and against bark scorch, including 2-fold treatment with a fungicide from the group of benzimidazoles Topsisin — M, allow localization of foci, prevent further spread of diseases and obtain biological effectiveness against bacterial blight — up to 100%, anthracnose — 61–78%.

В настоящее время в республике существенным образом меняется структура посадочных площадей плодовых культур, среди которых доминирует яблоня. В последнее десятилетие промышленные яблоневые сады возделываются по высокоинтенсивным технологиям, которые предусматривают выращивание культуры на слаборослых клоновых подвоях, ускоряющих вступление деревьев в плодоношение, внедрение сортов с ежегодным плодоношением, более плотное размещение деревьев и общее улучшение агротехники, что в целом позволяет получать урожаи плодов 60 т/га и более. Существенную отрицательную роль в снижении качества плодов, урожайности и долговечности насаждений яблони играет пораженность их грибными и бактериальными заболеваниями, как сразу после посадки, так и в ювенильный период. Интенсивная интродукция посадочного материала из-за рубежа в рамках реализации Государственной целевой программы «Плодоводство 2005–2010 гг.» способствовала тому, что во вновь посаженных промышленных садах такого типа усилилась вредоносность раковых болезней коры, таких как цитоспороз, европейский или обыкновенный рак, черный рак и бактериальный рак (возбудители болезней — грибы *Cytospora* spp., *Nectria* spp., *Sphaeropsis malorum* Peck. и бактерии *Pseudomonas syringae* van Hall. соответственно), пораженность деревьев которыми достигает 30–45% [1]. Кроме того, в 2007 году появились сведения об инвазии яблони в условиях республики фитопатогенными организмами, вызывающими бактериальный ожог плодовых культур и антракноз, или ожог коры [2, 3].

Бактериальный ожог плодовых культур — карантинное заболевание (возбудитель — бактерии *Erwinia amylovora*). Симптомы болезни обнаружены в начале июня 2007 г., в период интенсивного роста побегов и имели классический вид — увядание молодых однолетних побегов, загнутых в форме «пастушьего кнута», с красно-бурыми листьями, на побегах имелся прозрачный янтарный экссудат (рис.).

Наличие патогенных бактерий подтверждено 3 методами: микробиологическим (Институт защиты растений, Белорусский государственный университет), ELISA (Брестская областная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений), ПЦР (Белорусский государственный университет).

В результате фитосанитарных обследований более 1,5 тыс. га семечковых (где 95% занимает яблоня) и 30 га косточковых садов в 6 областях республики в 2007–2010 гг. выявлены 2 очага бактериального ожога в Минской области (Узденский и Мядельский районы) и 2 очага в Брестской области (Кобринский и Столинский районы). Наличие патогенных бактерий *E. amylovora* подтверждалось методом ПЦР. При картировании очагов бактериального ожога в этот период установлено, что они расположены по западной части республики, что подтверждает результаты молекулярных исследований о гомологии белорусских штаммов *E. amylovora* и западных, в частности, полученных в Республике Польша [4].

Вторичная вспышка заболевания зафиксирована в вегетационном сезоне 2016 года. В этот период зафиксированы новые очаги болезни в Гродненском и Щучинском районах Гродненской области.

По результатам обследований установлено, что в условиях Беларуси возбудитель бактериального ожога *E. amylovora* поражал из плодовых культур яблоню (*Malus*) сортов Имрус и Коваленковское, которые устойчивы к парше яблони, маточник подвоев яблони ММ 106 и М 109, грушу (*Pyrus*), а среди декоративных кустарников — боярышник (*Crataegus*). Поражений косточковых культур, а также других представителей сем. *Rosaceae* в данный момент не обнаружено.

Для локализации очагов бактериального ожога в 2008–2010 гг. была разработана и прошла производственную проверку технология защиты плодовых культур от бактериального ожога, состоящая из комплекса мероприятий, включающих санитарную обрезку сада (агротехнические) и 4–6-кратное опрыскивание медьсодержащими препаратами (Азофос 50% к. с., 10 кг/га и Абига-пик, ВС, 4,8–7,2 кг/га), которая позволила избежать дальнейшего развития болезни и получить биологическую эффективность в течение 3-лет до 100% [5].

Интродукция посадочного материала из-за рубежа, нарушение технологий выращивания как посадочного материала в питомниках, так и возделывания молодых садов, обусловили появление и усиление вредоносности антракноза, или ожога коры яблони. При экстенсивной технологии возделывания эта болезнь в садах республики проявлялась в виде гнили плодов «бычий глаз», и, крайне редко, встречалась в школах на ослабленных сеянцах и саженцах (возбудитель болезни идентифицировался как *Gloeosporium alba*, телеоморфа — до 1999 года относилась к роду *Pezicula*, в настоящее время — это род *Neofabraea*). Ожог коры в европейских странах по литературным данным вызывает гриб *N. perennans*, который поражает ветви и штамбы моло-



Рис. Симптомы бактериального ожога плодовых — загибание побега в форме «посоха», выделение экссудата (июнь, 2007 г.)

дых деревьев яблони, реже груши имеет 2-летний цикл развития и приводит к гибели молодых деревьев [6–8].

Впервые вспышка антракноза коры, которая привела к значительным потерям молодых деревьев яблони, выявлена также в 2007 году в саду ОАО «ВалЖан» Несвижского района Минской области, заложенном импортными саженцами сортов Чемпион (*Szampion*), Айдаред (*Idared*) и, очажно, в саду РУП «Толочинский консервный завод» Толочинского района Витебской области на 2-летних яблонях сорта Либерти. К 2010 году 70–90% деревьев в очагах погибли. А в 2012–2015 гг. в садах республики отмечено поражение ожогом коры сортов яблони белорусской селекции (таблица).

Таблица 1

Распространенность антракноза коры яблони в промышленных садах республики

Хозяйство	Год обнаружения очага	Сорт	Распространенность, %	
			В 1-й год после обнаружения	Во 2-й год после обнаружения
ОАО «ВалЖан» Минской области	2007	Чемпион Айдаред	50,0	75,0
	2007	Либерти	30,0	70,0
РУП «Толочинский консервный завод» Витебской области	2008	Чемпион	35,0	97,5
	2012	Надзейны	33,8	90,3
РУП «Институт плодоводства» Минской области	2015	Имант	21,7	61,0

Стационарные наблюдения за развитием антракноза в условиях Беларуси проводили в РУП «Толочинский консервный завод» Витебской области. В результате исследований установлено, что лет спор патогена и инфицирование яблони происходит в период бутонизации яблони (май) и в период вторичного роста побегов (сентябрь). В этот период применение фунгицида из группы бензимидазолов Топсин-М (тиофанат метил 500 г/л) позволяет избежать гибели деревьев и локализовать и предотвратить дальнейшее распространение болезни и получить биологическую эффективность 61–78% [9].

Таким образом, в связи с интродукцией посадочного материала, в Беларуси в 2007 году диагностированы 2 новых вредоносных заболевания яблони — бактериальный ожог плодовых культур (возбудитель — бактерия *Erwinia amylovora*) и антракноз коры (возбудитель — гриб *Neofabraea perennans*). В течение 10 лет распространенность этих болезней в садах республики увеличивается, отмечаются новые очаги поражения. Разработаны защитные мероприятия включающие: против бактериального ожога — санитарную обрезку и 4–6-кратную обработку сада медьсодержащими препаратами Азофос, 50% к. с. и Абига-Пик, ВС; против антракноза коры — двукратная обработка в периоды, наиболее уязвимые для заражения фунгицидом из группы бензимидазолов Топсин-М, КС, позволяющие локализовать инфекцию, предотвратить распространение болезни и получить биологическую эффективность 61–78% против антракноза и до 100% — против бактериального ожога плодовых культур.

Список литературы

1. Kamardzina V. Fire blight spread under conditions of Belarus. 12th International Workshop on Fire Blight: Program and abstracts August 16–20, 2010. — Warsaw, Hotel Soitel Victoria, Poland, 2010. — P. 110.
2. Lagonenko A. L., Komardina V. S., Nikolaichik Y. A., Evtushenkov A. N. First report of *Erwinia amylovora* fire blight in Belarus. *J. Phytopathology*, 2008, vol. 156, p. 638–640.
3. Комардина В. С. Бактериальный ожог плодовых культур в Беларуси. *Земляробства і ахова раслін*, 2010, № 5, с. 55–56.
4. Lagonenko A. L., Kudzina I. V., Evtushenkov A. N. Genetic characterization of Belarusian *Erwinia amylovora* strain. *Acta Hort. (ISHS)*, 2011, vol. 896, p. 141–146.
5. Комардина В. С. Распространение бактериального ожога в Беларуси и мероприятия по его ограничению. Бактериальный ожог плодовых культур: экологические аспекты и меры контроля: материалы Междунар. науч.-практ. семинара (Алматы, Казахстан, 24–27 августа 2016 г.) / МНТЦ, Казах. Ин-т защиты и карантина растений; под общ. редакцией А. О. Сагитова. — Алматы, 2016. — С. 66–71.
6. Sharon N. de Jonga [et al.] Phylogenetic relationships among *Neofabraea* species causing tree cankers and bull's-eye rot of apple based on DNA sequencing of its nuclear rDNA, mitochondrial rDNA, and the β -tubulin gene. *Mycological Research*, 2001, vol. 105, iss. 6, p. 658–669.
7. Robert A. Spotts [et al.] Description of *Cryptosporiopsis kienholzii* and species profiles of *Neofabraea* in major pome fruit growing districts in the Pacific Northwest USA. *Mycological Research*, 2009, vol. 113, iss. 11, p. 1301–1311.
8. Grabowski M. *Choroby drzew owocowych*. Krakow, Plantpress, 2006. S. 56–58.
9. Комардина В. С. Распространение антракноза или ожога коры яблони в промышленных садах Беларуси. Состояние и перспективы защиты растений: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 45 — летию со дня организации РУП «Институт защиты растений» (Минск — Прилуки, 17–19 мая 2016 г.) / НПЦ по земледелию, Ин-т защиты растений; редкол.: Л. И. Трепашко (гл. ред.) [и др.]. — Минск, 2016. — С. 251–254.

Фитопатогенные микромицеты на культивируемых лекарственных растениях семейства *Lamiaceae*, интродуцированных в Беларуси

Кориняк С. И.

Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси,
SS70@mail.ru

Резюме. Гербарный материал с симптомами поражения собран в Цеху лекарственных трав КУП Минская овощная фабрика. В результате проведенных работ на территории цеха лекарственных трав КУП МОФ исследовано 8 видов растений принадлежащих к семейству *Lamiaceae*, на которых идентифицировано 15 видов микромицетов, многие из которых являются вредоносными и могут нанести существенный вред лекарственным растениям.

Pathogen fungi on medicinal herbs of *Lamiaceae* family cultivated in Belarus. Koriniak S. **Summary.** At the territory of medicinal herbs department of «MVF» factory the work to collection of damaged plants was done. In result of the work 15 species of anamorphic fungi on 8 species of medicinal herbs of *Lamiaceae* family were detected. Much of them are harmful to herbs damaging of their leaves.

Ботанические сады, питомники и плантации лекарственных растений создаются человеком из дикорастущих растений и являются не самовоспроизводящимися и не саморегулирующимися биоценозами. Существует ряд факторов, увеличивающий их нестабильность — обеднение видового, генетического разнообразия, а также в условиях культуры возникает проблема поражения растений фитопатогенными микромицетами. К их числу относятся анаморфные грибы, являющиеся возбудителями заболеваний, вызывающими снижение продуктивности агрофитоценозов, ухудшение качества растительного сырья, а порой и гибели целых популяций. В связи с этим исследования заболеваний культивируемых лекарственных растений ставят своей целью сохранение биоразнообразия растений в агроценозах, сохранение, а по возможности, улучшение качества конечной продукции, а также изучение роли и поведения грибов в антропогенных экосистемах.

Гербарный материал с симптомами поражения собран в Цеху лекарственных трав Коммунального унитарного предприятия Минская овощная фабрика. Собранные образцы проходили камеральную обработку в лаборатории микологии Института экспериментальной ботаники Национальной академии наук Беларуси. При гербаризации материала и определении видового состава микромицетов использованы общепринятые методы, описанные В. И. Билай [1]. Для оценки степени поражения применяют определенные шкалы, где интенсивность поражения выражают баллами или процентами: 0 — отсутствие поражения; 1 — поражено до 1/5 поверхности листа; 2 — поражено от 1/5 до 1/3 поверхности листа; 3 — поражено от 1/3 до 2/3 поверхности листа; 4 — поражено более 2/3 поверхности листа. Названия нижеприведенных видов грибов отвечают требованиям международной микологической глобальной базы данных — *Index fungorum* [12]. Для определения и уточнения видовых названий растений использованы online определитель растений *Plantarium* [5], а также монография Н. Н. Цвелева [10].

Далее приведен перечень растений-хозяев, указываются ареалы их естественного происхождения, встречаемость на территории Беларуси, приведены идентифицированные фитопатогенные виды грибов, а также степень поражения растений грибами.

Agastache rugosa (Fisch. et C. A. Mey.) O. Kuntze. Дальний Восток, Восточная Азия, Япония, Китай. Степень поражения микромицетом *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler [2, 6, 11] — 1 балл.

Betonica officinalis L. Европа, Кавказ, Западная Сибирь; распространен по всей территории Беларуси, встречается часто [3, 8]. Степень поражения микромицетами *Ovularia robiciana* Voss., *Ramularia betonicae* Khokhrjakov, *Ascochyta betonicae* Siem., *Diplodina salvia* Holos, *Phyllosticta betonicae* Brun. [2, 4, 6, 11] — до 4 баллов.

Lamium album L. Европа, Кавказ, Западная и Восточная Сибирь, Средняя Азия, Средиземноморье, Малая Азия; встречается по всей территории Беларуси, кроме Полесья [3, 8]. Степень поражения микромицетами *Ovularia lamii* (Fuck.) Sacc., *Ramularia lamiicola* Massal., *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler [2, 6, 7, 11] — до 2 баллов.

Leonurus villosus Desf. ex D'Urv. Syn.: *Leonurus quinquelobatus* Gilib. Западная Европа, Кавказ, Западная Сибирь; распространен по всей территории Беларуси, встречается нередко [3, 8]. Степень поражения микромицетами *Ramularia leonuri* Sorokin, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler, *Cercospora leonuri* Stev. et Solh. [2, 6, 11] — 1 балл.

Melittis sarmatica Klok. Центральная и Западная Европа, Кавказ, Средняя Азия; встречается в Брестской, Гомельской и Гродненской областях, редко [3, 8]. Степень поражения микромицетами *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler, *Alternaria consortiale* Thuem., *Stemphylium botryosum* Wallr. [2, 6, 11] — 3–4 балла.

Ocimum menthifolium Nocht. Африка, Южный Китай, Австралия [3]. Степень поражения микромицетом *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler, [2, 6] — 1–2 балла.

Origanum vulgare L. Европа, Кавказ, Западная и Восточная Сибирь, Средняя Азия, Средиземноморье; распространен по всей территории Беларуси, часто [3, 8]. Степень поражения микромицетами *Diplodia thymi* Dejeva, *Septoria origanicola* Allesch. [2, 4, 7, 9] — до 2 баллов.

Salvia officinalis L. Средиземноморье и Балканы, Малая Азия, Сирия [3]. Степень поражения микромицетом *Ovularia ovata* (Fuck.) Sacc. [2] — от 1 до 3 баллов.

В результате проведенных ботанико-микологических работ на территории цеха лекарственных трав КУП МОФ исследовано 8 видов растений, принадлежащих к семейству *Lamiaceae*, на которых идентифицировано 15 видов микромицетов. Вышеприведенные данные свидетельствует о том, что лекарственные растения как аборигенные, так и введенные в культуру Беларуси из иных регионов Земного шара, в значительной степени страдают от поражений, вызванных анаморфными грибами, когда степень поражения порой достигает 4 баллов, т. е. поражено более 2/3 поверхности листа. В связи с этим чрезвычайную актуальность приобретает вопрос о разработке системы защитных мероприятий, имеющих профилактический характер (поддержание необходимой кислотности почвы, своевременный полив, прополка, уборка растительных остатков, уборка урожаев, обработка фунгицидами посевного материала, предпосевная и послеуборочная культивация и обработка почвы), которая, с одной стороны, позволит свести к минимуму ущерб наносимый болезнями, но в то же время, позволит избежать наличия поллютантов в лекарственном сырье, т. е. будет экологически безопасной, а также сохранить и расширить видовое разнообразие лекарственных растений в культурах в условиях Беларуси.

Список литературы

1. Билай В. И. Методы экспериментальной микологии. — Киев: Наукова думка, 1982. — 552 с.
2. Визначник грибів України. Несовершені гриби / С. Ф. Морочковський, [и др.]; под общ. ред. Д. К. Зерова. 1-е изд. — Київ: Наукова думка, 1971. — Т. 3. — 696 с.
3. Вульф Е. В., Малеева О. Ф. Мировые ресурсы полезных растений: пищевые, кормовые, технические, лекарственные. Ленинград: Наука, 1969. — 566 с.
4. Мельник В. А. Определитель грибов рода *Ascochyta* Lib. — 1-е изд. — Ленинград: Наука, 1977. — 246 с.
5. Орешкин Д., Мирин Д. Plantarium. Определитель растений on-line. — Copyright © 2003–2009. — Mode of access: <http://www.plantarium.ru/> — Date of access: 29.03.2017.
6. Пидопличко Н. М. Грибы-паразиты культурных растений. — Киев: Наукова думка, 1977. — Т. 2. — 299 с.
7. Пидопличко Н. М. Грибы — паразиты культурных растений. Пикнидиальные грибы. — Киев: Наукова думка, 1977. — Т. 3: — 232 с.
8. Сосудистые растения советского Дальнего Востока: в 7 т. / редкол.: С. С. Харкевич (гл. ред.) [и др.]. — Санкт-Петербург: Наука, 1986–1995. — Т. 7: Лютиковые, Ивовые, Волчниковые, Толстянковые, Белозоровые, Росянковые, Водноореховые, Сланоягодниковые, Фисташковые, Санталовые, Омеловые, Горечавковые, Повиликовые, Синюховые, Яснотковые / В. Ю. Баркалов [и др.]. 1995. — 395 с.
9. Тетеревникова-Бабаян Д. Н. Грибы рода *Septoria* в СССР. — Ереван: АН Арм ССР, 1987. — 479 с.
10. Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-западной России. — Санкт-Петербург: СПХФА, 2000. — 782 с.
11. Ellis M. B. *Dematiaceous hyphomycetes*. 1-t ed. — Surrey: Kew, — 1971. — 608 p.
12. Kirk P. M. Index of fungi. The global fungal nomenclator [electronic resource]. — The CABI, 2003–2004. — <http://www.indexfungorum.org/> — Date of access: 07.04.2017.

Основные виды возбудителей болезней и вредителей интродуцированных древесно-кустарниковых растений сем. *Rosaceae* в дендрарии Полярно-альпийского ботанического сада

Литвинова С. В., Рак Н. С.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина, КНЦ РАН, Кировск, Россия, litvinvasvetlana203@rambler.ru, rakntlj@rambler.ru

Резюме. Представлены результаты энтомо-фитопатологического обследования древесно-кустарниковых растений сем. *Rosaceae* коллекции Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина (ПАБСИ). Приводится список основных видов возбудителей болезней и вредителей интродуцированных пород. Определены устойчивые виды, сроки появления вредителей и болезней, что позволит в дальнейшем разрабатывать мероприятия по их защите и создавать устойчивые и высоко декоративные зеленые насаждения в городах Крайнего Севера.

The main types of the disease excitants and pests of introduced arboraceous and shrub plants of the *Rosaceae* family in the Polar-Alpine Botanical Garden arboretum. Litvinova S. V., Rak N. S. **Summary.** There are presented results of the entomo-phytopathological examination of arboraceous and shrub *Rosaceae* family plants from the collection of the Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of N. A. Avrorin, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences (PABGI). The list of the main types of introduced species disease excitants and pests is given. Stable species, time of appearing of pests and diseases have been determined, that in the following allow to develop measures to protect them and create sustainable and highly decorative green spaces in the cities of the Far North.

Необходимость исследований энтомофауны и микрофлоры интродуцированных растений несомненна, так как успех интродукции высших растений в условия российской Субарктики и решение проблемы их воспроизводства зачастую находятся в непосредственной зависимости от вредителей и заболеваний, поражающих растения.

Семейство *Rosaceae* Juss. включает много ценных плодовых и декоративных растений, которые широко используются для озеленения городов Мурманской области, является наиболее крупным среди интродуцентов в коллекции древесно-кустарниковых растений Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина (ПАБСИ). Включает в себя 280 образцов интродуцированных растений, относящихся к 17 родам, 113 видам, 12 внутривидовым таксонам, 8 гибридам.

В данной работе представлены результаты рекогносцировочного энтомо-фитопатологического обследования растений сем. *Rosaceae*. Интродуцированные образцы являются представителями флоры разных географических зон: Северной Америки, Европы, Сибири, Азии, Дальнего Востока. Коллекционный фонд древесных растений семейства *Rosaceae* размещен в двух пунктах: на основной заповедной территории Сада в г. Кировске (горная часть Кольского полуострова, высота над уровнем моря 316 м) и на экспериментальной базе в г. Апатиты (равнинная

часть Кольского полуострова, высота над уровнем моря 150 м). Оба пункта расположены 120 км севернее Полярного круга. Климатические факторы пунктов значительно отличаются, но приполярное положение их определяет в целом суровость природных условий, которые в то же время благодаря близости теплого течения Гольфстрим несколько благоприятнее, чем в других заполярных районах России и зарубежной субарктики.

Обследование растений в 2015–2016 гг. проводили с момента начала распускания до опадания листвы (с мая по октябрь). Выявление видового состава насекомых-фитофагов проводили с использованием определителей, справочной литературы и стационарных методов [2, 4, 5, 6]. Возбудители заболеваний были идентифицированы по комплексу признаков [1, 3, 7, 8].

В табл. 1 приведен видовой состав вредителей и болезней растений семейства Rosaceae.

Вредители наиболее активны на растениях родов *Sorbus*, *Padus*, *Crataegus*. На листьях растений рода *Sorbus* были выявлены единичные взрослые особи *Dysaphis sorbi* Kaltentbach (тля рябиновая) и галлы *Eriophyes sorbus* (Nal) (рябиновый войлочный клещ). В течение летнего сезона наблюдали повреждения листьев листоедами — *Phyllodecta vulgatissima* L. (листоед ивовый обыкновенный), *Gonioctena viminalis* L. (ивовый изменчивый листоед) и *Gonioctena pallida* L. (листоед бледный) и грубое объедание краев листьев, характерное для *Megachile rotundata* Fabricius (пчела-листорез). В августе обнаружен *Caliroa cerasi* L. (слизистый вишневый пилильщик). Повреждения, причиняемые вредными насекомыми незначительные, не превышают 5–10%.

Наиболее существенный вред растениям рода *Padus* оказывают *Eriophyes padi* (Nal) (черемуховый галловый клещ). На листьях обнаружены многочисленные галлы. Повреждение листьев на некоторых растениях достигает 80%. Большие колонии *Rhopalosiphum padi* L. (черемухозлаковая тля) вызывают искривление побегов, скручивание, пожелтение и усыхание листьев. Повреждение растений не превышало 10–15%. Практически «решето» оставляют после питания личинки *Phytodecta quinguepunctatus* F. (черемуховый листоед) и *Yponomeuta evonymella* L. (горностаевая черемуховая моль). Молодые побеги повреждает *Furcipes rectirostris* L. (черемуховый долгоносик) и его личинки. Извилистые ходы внутри листа (минирование и выгрызание мякоти) оставляет *Lyonetia clerckella* L. (яблонная минирующая моль). Фигурно обгрызают листья по краю *Ropalopus insubricus* Germ. (жук-усач). Повреждения листогрызущими насекомыми колеблется от 15–50%.

Листья растений рода *Crataegus* повреждают *Furcipes rectirostris* L. (черемуховый долгоносик), *Phyllodecta vulgatissima* L. (листоед ивовый обыкновенный), гусеницы *Phytodecta quinguepunctatus* F. (черемуховый листоед). При распускании листьев наблюдали скрученность и деформацию, в дальнейшем — морщинистость и мраморность, такие следы оставляют после питания *Psylla mali* Schmd. (яблоневая медяница или листоблошка) и *Archips crataegana* Hbn. (боярышниковая листовёртка).

Основные типы болезней, выявленные на растениях семейства Rosaceae — пятнистости разной этиологии, пустулы, формируемые ржавчинными грибами, налеты, образуемые мучнисто-росяными грибами, деформации, хлорозы. Отмечено преобладание пятнистостей, появление которых фиксировали в течение всего периода исследований. Первые симптомы ржавчинных грибов наблюдали в конце мая, мучнисто-росяных — в августе. Наибольшее развитие патогенов отмечено в июле-августе. Установлено, что патогенные грибы родов *Septoria*, *Cercospora* приурочены к молодым листьям, в то время как грибы родов *Coryneum*, *Phyllosticta*, *Cylindrosporium* предпочитают стареющие листья.

Почти все растения рода *Sorbus* с непарноперистыми листьями, в разной степени (от 5 до 40%) заражены ржавчиной листьев, вызываемой грибом *Gymnosporangium cornutum*. Растения *Sorbus sibirica* Hedl., полученные из Ханты-Мансийска, поражаются *Marssonina sorbi*. На листьях появляются расплывчатые темно-оливковые пятна, занимающие со временем всю листовую пластину. В начале августа растения приобретают неопрятный вид, теряют декоративность. В начале августа на нижней стороне листьев растений рода *Padus* образуются небольшие угловатые красно-фиолетовые пятна — ржавчина листьев, вызывается грибом *Thecopsora padi* (= *Th. areolata*). Крупные округлые или угловатые пятна бурого цвета, вызываемые патогенным гри-

Таблица 1

Видовой состав вредителей и болезней растений семейства Rosaceae в коллекции ПАБСИ

Род растений	Возбудитель болезни	Название вредителя
<i>Amelanchier</i> Medik.	<i>Coryneum foliicola</i>	<i>Erannis (Hibernia) defoliaria</i> Cl.
<i>Aronia</i> Pers.	<i>Phyllosticta piricola</i>	<i>Caliroa cerasi</i> L.
<i>Cotoneaster</i> Medik.	<i>Coryneum foliicola</i>	<i>Caliroa cerasi</i> L. <i>Phyllodecta vulgatissima</i> L. <i>Philaenus spumarius</i> L.
<i>Crataegus</i> L.	<i>Coryneum foliicola</i> Деформация листьев, диффузный хлороз, вирус <i>Tobacco ringspot virus</i> <i>Septoria crataegi</i>	<i>Archips crataegana</i> Hbn. <i>Phyllodecta vulgatissima</i> L. <i>Furcipes rectirostris</i> L. <i>Phytodecta quinguepu-nctatus</i> F. <i>Psylla mali</i> Schmd
<i>Louiseania</i> Carr.		Объедание *
<i>Malus</i> Hill.	<i>Phyllosticta mali</i> Пятнистости неясной этиологии	<i>Lyonetia clerckella</i> L.
<i>Padus</i> Hill.	<i>Thecopsora padi</i> <i>Taphrina pruni</i> <i>Coryneum foliicola</i>	<i>Phytodecta quinguepu-nctatus</i> F. <i>Yponomeuta evonymella</i> L. <i>Rhopalosiphum padi</i> L. <i>Eriophyes padi</i> (Nal) <i>Lyonetia clerckella</i> L. <i>Furcipes rectirostris</i> L. <i>Ropalopus insubricus</i> Germ.
<i>Pentaphylloides</i> Hill.		
<i>Physocarpus</i> (Cambess.) Maxim.		
<i>Rosa</i> L.	<i>Phyllosticta rosarum</i> <i>Sphaerotheca pannosa</i>	<i>Agriolimax agrestis</i> L. <i>Macrosiphum rosae</i> Linnaeus, <i>Megachile rotundata</i> Fabricius <i>Philaenus spumarius</i> L.
<i>Rosa blanda</i> Ait.	<i>Phyllosticta rosarum</i>	Объедание *
<i>Rubus</i> L.		<i>Agriolimax agrestis</i> L.
<i>Sibiraea</i> Maxim.	Пятнистости неясной этиологии	<i>Philaenus spumarius</i> L.
<i>Sorbaria</i> (Ser. Ex DC.) A. Br.	<i>Phyllosticta</i> sp.	
<i>Sorbus</i> L.	<i>Gymnosporangium cornutum</i> <i>Tobacco ringspot virus</i> <i>Phyllosticta aucuparia</i> <i>Marssonina sorbi</i> <i>Phyllosticta aucuparia</i> Диффузный хлороз Деформация листьев	<i>Phyllodecta vulgatissima</i> L. <i>Dysaphis sorbi</i> Kaltenbach <i>Gonioctena viminalis</i> L. <i>Gonioctena pallida</i> L. <i>Caliroa cerasi</i> L. <i>Megachile rotundata</i> Fabricius <i>Eriophyes sorbus</i> (Nal) <i>Philaenus spumarius</i> L.
<i>Spiraea</i> L.	<i>Cylindrosporium canadense</i> <i>Septoria guevillensis</i> <i>Phyllosticta spiraeina</i> Деформация листа	Объедание *

Примечание: * собрать и определить вредителя не удалось, поэтому указан только тип повреждения.

бом *Coryneum foliicola*, обнаружены и на листьях растений родов *Crataegus*, *Malus*, *Amelanchier*, *Aronia*. На растениях рода *Rosa*, подращиваемых в закрытой и частично открытой теплицах, наблюдали налеты, образуемые мучнисто-росяными грибами *Sphaerotheca pannosa*. В начале августа на верхней стороне листьев растений рода *Rosa* появились мелкие округлые пятна темно-красного цвета со светлым центром и темно-малиновой каймой. Это заболевание — коричневая пятнистость — вызывается паразитным грибом *Phyllosticta rosarum* (= *Sphaceloma rosarum* = *Gloeosporium rosarum*). Пятнистость, инициируемая грибом *Phyllosticta* sp., была обнаружена в начале августа на растениях рода *Sorbaria* в виде округлых мелких пятен коричневого цвета, впоследствии темнеющих и разрастающихся по всему листу.

На растениях родов *Sorbus*, *Crataegus*, *Padus* наблюдали деформацию листьев в виде курчавости, морщинистости, на *Padus* — деформацию плодов. Отмечали такие заболевания, как общий хлороз на *Rosa*, *Padus*, диффузный хлороз (мраморность) — на *Sorbus*, *Padus*, кольцевую мозаику (возбудитель вирус *Tobacco ringspot virus*) на — *Crataegus*, *Sorbus*. Симптомы выявленных неинфекционных заболеваний встречались на единичных экземплярах и существенного вреда растениям не наносили.

Растения семейства Rosaceae в коллекции ПАБСИ подвержены повреждениям вредными организмами в разной степени. Так, растения родов *Sorbus*, *Padus*, *Crataegus* почти все поражаются вредными насекомыми, клещами и патогенными грибами. Чаще всего отмечены ржавчина, пятнистости разной этиологии, объедание, минирование листьев, образование галлов. Выявлен ряд родов, которые не имели признаков повреждения вредителями и болезнями — *Louiseania*, *Pentaphylloides*, *Physocarpus*, *Rubus*. Полученные данные можно использовать для создания высоко декоративных и устойчивых зеленых насаждений и планирования фитосанитарных мероприятий.

Список литературы

1. Васильевский Н. И., Каракулин В. П. Паразитные несовершенные грибы. Е. 2. — М.-Л.: Изд-во СССР, 1950, 679 с.
2. Вершинина Н. П. Развитие ботанических исследований на Кольском Севере. Сб. науч. тр. Апатиты: изд. КФАН СССР, 1981. С. 138–147.
3. Гусев В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых растений и кустарников. М.: Лесная промышленность, 1984, 472 с.
4. Иванов С. М., Милина Л. И. Основные вредители и болезни растений, их фитосанитарная профилактика в условиях Мурманской области / Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2003, 76 с.
5. Польшова О. Е. Краткий определитель насекомых (до отряда) Учебно-методическое пособие. М., ИД «Энергия», 2013, 23 с.
6. Плавильщиков Н. Н., Польшова Г. В. Определитель насекомых. М. «Топикал» 1994, 544 с.
7. Томошевич М. А., Воробьева И. Г. Патогенные микромицеты древесных интродуцентов семейства Rosaceae. Новосибирск: изд-во Гео, 2010, 115 с.
8. Шаврова Л. А. Динамика состава мучнисто-росяных грибов интродуцированных растений в Хибинах // Миграция патогенных механизмов при интродукции растений. Апатиты, 1987. С. 82–86.

Бактериальные болезни водных растений

Огородник Л. Е.

Институт биологии и медицины Киевского национального университета
им. Тараса Шевченко, Киев, Украина, kotelkina@ukr.net

Резюме. На территории различных областей Украины выявлены бактериальные поражения некоторых водных растений, которые являются ценными лекарственными растениями природной флоры, ареал распространения которых в последние годы резко сокращается под воздействием разных антропогенных факторов. Описаны симптомы бактериальных болезней. Из пораженных растений выделены патогенные бактерии, и на основании изучения патогенных, морфологических, физиологических, культуральных и биохимических свойств патогенные бактерии идентифицированы как *Pseudomonas carotovorum* subsp. *carotovorum* и бактерии рода *Pseudomonas*.

Bacterial diseases of aquatic plants. Ogorodnik L. Y. **Summary.** There were revealed bacterial affections of some aquatic plants at the territory of different regions of Ukraine. These plants are valuable medicinal plants of natural flora, the area of their distribution in recent years has been sharply reduced owing to the influence of different anthropogenic factors. There were described symptoms of bacterial diseases. From the affected plants there were isolated pathogenic bacteria and at the base of investigation of pathogenic, morphological, physiological, cultural and biochemical properties pathogenic bacteria were identified as *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* and bacteria of genus *Pseudomonas*.

Все больше внимания в мире исследователи уделяют изучению экологических ниш фитопатогенных бактерий. Довольно широко изучен круг поражаемых растений видами фитопатогенов родов *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*. В последние годы стали появляться данные об эпифитной флоре этих микроорганизмов на растении-хозяине, а также на сопутствующих в их посевах сорняках [7]. Кроме того, показано, что фитопатогенные бактерии могут присутствовать в ризосфере сорняков и кормовых трав [7]. Что касается возможности фитопатогенных бактерий поражать растения-гидрофиты, то такие данные отсутствуют как в нашей стране, так и за рубежом [5, 6]. Находясь на водных растениях, фитопатогенные бактерии являются источником инфекции для прибрежной растительности, с потоками воды могут переноситься на культурные растения и быть потенциальной угрозой эпифитотии бактериозов.

Целью наших исследований было выявить и идентифицировать фитопатогенные бактерии, поражающие растения, которые согласно Определителю [8] принадлежат к разным группам водной флоры: аир тростниковый (*Acorus calamus* L.), белокрыльник болотный (*Calla palustris* L.) — группа прибрежных растений; ряска трехбороздчатая (*Lemna trisulca* L.), рдестник плавающий (*Potamogeton natans* L.), телорез алоевидный (*Stratiotes aloides* L.), кубышка желтая (*Nuphar lutea* (L.) Smith), кувшинка белая (*Nymphaea alba* L.) — группа свободно плавающих и прикрепленных растений; рдестник сплюснутый (*Potamogeton compressus* L.) и роголистник плоскоостный (*Ceratophyllum plathyacantum* Cham.) — группа погруженных растений. Большинство из вышеуказанных видов растений входит в состав редких растительных сообществ, которые занесены в Зеленую книгу Украины [4] и подлежат охране, некоторые из них являются лекарственными растениями и принадлежат к исчезающим и регионально редким видам флоры Украины и других стран [5, 6].

Образцы пораженных растений отбирали в водоемах различных областей Украины. Фитопатологический анализ и изучение биологических свойств выделенных бактерий проводили

по общепринятым методикам [2, 3]. Для сравнительных исследований в работу были взяты из коллекции отдела фитопатогенных бактерий типовой штамм *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* 8982 АТСС (15713), *Pseudomonas fluorescens* 8937 (908) и выделенный нами из герберы ранее *P. fluoro-violaceus* 189 (2). Все референтные штаммы вызывают гниль на растениях.

В результате обследования нами были выявлены следующие признаки поражения: некротические пятна, побурение и загнивание различных частей растений (стебли, листья, черешки, основания листьев и корневища). Всего нами проанализировано 70 образцов, выделено 180 изолятов. Патогенные свойства изолятов проверяли путем искусственного заражения листьев аира, а также листьев и цветков кубышки желтой и кувшинки белой в период вегетации растений. Пектоллитическую активность изолятов проверяли также путем заражения ломтиков корня аира, картофеля, лука, и моркови в лабораторных условиях.

В результате проверки патогенных свойств нами было отобрано 60 изолятов для дальнейшей работы. По изученным биохимическим свойствам патогенные изоляты разделились на несколько групп: газлирующие и негазирующие бактерии *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (40 штаммов) и флуоресцирующие псевдомонады (30 штаммов). По основным свойствам бактерии, отнесенные нами к виду *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, не отличались от свойств типового штамма 8982 и свойств этого вида согласно Bergey [9]. Видовая принадлежность бактерий рода *Pseudomonas* требует уточнения. Таким образом, нами из разных растений — представителей гидрофитной и гелофитной флоры водоемов Украины выделены фитопатогенные бактерии и на основании изучения патогенных, морфологических, физиологических, культуральных и биохимических свойств патогенные бактерии идентифицированы как *Pseudomonas carotovorum* subsp. *carotovorum* и бактерии рода *Pseudomonas*, вызывающие гнилостные процессы этих растений.

Список литературы

1. Гвоздяк Р. И., Огородник Л. Е., Яковлева Л. М., Романенко В. М. Микробиол журн., Киев, 1987. — Т. 49, № 2. — С. 7–11.
2. Герхардт Ф. Методы общей бактериологии. — М.: Мир, 1983. — Т. 1. — 563 с.
3. Герхардт Ф. Методы общей микробиологии. — М.: Мир, 1984. — Т. 3. — 264 с.
4. Зеленая книга Украинской ССР: Редкие, исчезающие и типичные, нуждающиеся в охране растительные сообщества / Под общ. ред. Ю. Р. Шеляг-Сосонко. — Киев: Наукова думка, 1987. — 216 с.
5. Огородник Л. Е., Яковлева Л. М. Бактеріальне захворювання аїру тростинного (*Acorus calamus* L.) в Україні. // Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Сер. Біологія, вип. 46, 2005. — с. 89–90.
6. Огородник Л. Е., Гвоздяк Р. І., Яковлева Л. М. Бактеріальні хвороби латаття білого (*Nymphaea alba* (L.) Smith) і глечиків жовтих (*Nuphar lutea* L.) в Україні як фактор загрози збереження й росповсюдження цінних лікарських рослин // Вісник Київського націон. університету ім. Тараса Шевченка, Вип. 12., 2007. — С. — 49–51.
7. Пасичник Л. А. Микрбиол. журн. 1999, Т. 61, № 6. — с. 9–13.
8. Чорна Г. А. Рослини наших водойм (Атлас-довідник). — Київ: Фітосоціоцентр, 2001. — 134 с.
9. Bergey's Manual of Systematic Bacterial. — 9th, 1984, Vol, 1. — 964 p.

Видовой состав вредителей и возбудителей болезней плодов, семян растений, включенных в делектус дендрария «Сочинского национального парка»

Пастухова И. С.

Сочинский национальный парк, г. Сочи, Россия, irina.s.pastukhova@rambler.ru

Резюме: проведена оценка состояния плодов, семян растений, включенных в делектус парка «Дендрарий». В ходе работы был выявлен видовой состав вредителей и возбудителей болезней плодов, семян 51 вида и сорта растений, относящихся к 24 семействам. Зарегистрировано 6 типов болезней, вызываемых фитопатогенными грибами. Наибольшее видовое разнообразие занимают представители отряда *Hemiptera*, которых насчитывается 10 видов.

Species composition of pests and diseases the fruit, seeds included in delectus of the Arboretum of the Sochi National Park. Pastukhova I. S. **Summary.** Conducted rating the fruit, plant seeds included in delectus Park «Arboretum» In the course of work were identified the species composition of pests and pathogens, the fruit, seeds 51 species and varieties of plants belonging to 24 families. Disease: Was 6 types of diseases caused by phytopathogenic fungi. Pests: Most species occupy a variety of members of the squad of *Hemiptera*, of which there are 10 species.

Проведена оценка состояния плодов, семян растений включенных в делектус парка «Дендрарий». В ходе работы был выявлен видовой состав вредителей и возбудителей болезней плодов, семян 51 вида и сорта растений, относящихся к 24 семействам. Данные представлены в таблице.

Зарегистрировано 6 типов болезней, вызываемых фитопатогенными грибами. В результате проделанной работы на плодах и семенах коллекционных насаждений парка «Дендрарий» выявлено 11 видов микроскопических фитопатогенных грибов из 1 отдела.

Наибольшее количество возбудителей вызывают пятнистости — 6 видов, мучнистая роса — 1, рак — 1, серая гниль — 1, чернь — 1, монилиальный ожог — 1.

По систематическому положению они распределяются следующим образом: отдел *Ascomycota*, класс: *Dothideomycetes* — 6, *Sordariomycetes* — 2, *Leotiomycetes* — 2; *Incertae sedis* — 1.

Наибольшее видовое разнообразие вредителей растений занимают представители отряда *Hemiptera*, которых насчитывается 10 видов.

Видовой состав выявленных хоботных вредителей представляют виды, относящиеся к следующим семействам: щитовки — *Diaspididae* (3), червецы — *Pseudococcidae* (1), ложнощитовки — *Coccidae* (3), цикадки — *Cicadellidae* (1), тли — *Aphidoidea* (1).

Следующими по видовому разнообразию и встречаемости на желудях является представитель отряда *Coleoptera*. Видовой состав жесткокрылых составляет 1 вид, относящийся к семейству долгоносики (*Curculionidae*).

Среди представителей этих отрядов следует отметить желудевого долгоносика — *Curculio glandium* Marsch., являющегося на настоящий момент главнейшим серьезным вредителем дуба. В парке в наибольшей степени повреждал: *Quercus variabilis* Blume., *Q. hartwissiana* Stev., *Q. iberica* Stev.

Белки, живущие в парке, неоднократно повреждают почки и семена сосновых шишек, ягоды, плоды некоторых видов растений.

Видовой состав выявленных хоботных вредителей представляют виды, относящиеся к следующим семействам: щитовки — *Diaspididae* (2), мучнистые червецы — *Pseudococcidae* (1), тли — *Aphidoidea* (2), цикадки — *Cicadellidae* (1).

Таблица 1
Видовой состав вредителей и возбудителей болезней плодов, семян растений, включенных в делектус парка «Дендрарий»

Вид	Вредители	Болезни	Степень повреждения, поражения, балл
<i>Arosynaceae</i>			
<i>Nerium oleander</i> L., <i>N. oleander</i> L. cv. <i>Eduard Andre.</i> , <i>N. oleander</i> L. cv. <i>Italia</i> , <i>N. oleander</i> L. cv. <i>Eduard Andre</i>	Коричневая щитовка (<i>Chrysomphalus dictyospermi</i> Morg.)	Рак олеандра (<i>Pseudomonas savastanoi</i> var. <i>Nerii</i> c. O. Sm.),	I
	Тля (<i>Aphidoidea</i> sp.)		III
<i>Aquifoliaceae</i>			
<i>Ilex latifolia</i> Thunb., <i>I. cornuta</i> Lindl., <i>I. x altaclarensis</i> Rehd.	Приморский мучнистый червец (<i>Pseudococcus maritimus</i> Ehrh. (<i>obscurus</i> Essg.))	Чернь (<i>Fumago vagans</i> Pers.)	I–II
	Японская восковая ложнощитовка (<i>Ceroplastes japonicus</i> Green.)		
	Продолговатая, или чайная подушечница (<i>Chloropulvinaria floccifera</i> Westw.)		
<i>Arecaeae</i>			
<i>Chamaerops humilis</i> L., <i>C. humilis</i> L. var. <i>arbuscula</i> Hezz., <i>C. humilis</i> L. for. <i>gracilis</i> hort., <i>C. humilis</i> L. var. <i>inermis</i> Regel	–	Буряя, серая пятнистости (<i>Phyllosticta palmicola</i> Sacc., <i>Colletotrichum chamaeropsis</i> Ferr.)	IV
<i>Aucubaceae</i>			
<i>Aucuba japonica</i> Thunb. <i>A. japonica</i> Thunb. cv. <i>Variegata</i>	–	Чёрная пятнистость (<i>Phyllosticta aucubicola</i> Sacc.)	III–IV
<i>Calycanthaceae</i>			
<i>Chimonanthus praecox</i> Link, Цикадка (<i>Edwardsiana rosae</i> L.)	–	–	II
<i>Caprifoliaceae</i>			
<i>Lonicera tatarica</i> L.	–	Серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers.)	
<i>Celastraceae</i>			
<i>Euonymus japonica</i> Thunb.	–	Мучнистая роса (<i>Erysiphe euonymi-japonici</i> U. Braun & S. Takam.)	I–II

Вид	Вредители	Болезни	Степень повреждения, поражения, балл
<i>Cephalotaxaceae</i>			
<i>Cephalotaxus fortunei</i> Hook.	Веретенновидная сосновая щитовка (<i>Anataspis loewi</i> Colvee.)	–	II
<i>Cornaceae</i>			
<i>Cornus mas</i> L.	–	Серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers.)	II
<i>Cynoxylon florida</i> Britt. & Shaf.	Японская восковая ложнощитовка (<i>Ceroplastes japonicus</i> Green.)	–	I
<i>Cupressaceae</i>			
<i>Juniperus excelsa</i> Bieb., <i>J. foetidissima</i> Willd., <i>J. oblonga</i> M. Bieb. cv. <i>Pendula</i>	Можжевельниковая щитовка (<i>Lepidosaphes juniperi</i> Lndgr.)	–	II
<i>Ericaceae</i>			
<i>Arbutus unedo</i> L.	–	Чернь (<i>Fumago vagans</i> Pers.)	II
<i>Fabaceae</i>			
<i>Spartium junceum</i> L.	Цикадка (<i>Edwardsiana rosae</i> L.)	Чернь (<i>Fumago vagans</i> Pers.)	II
<i>Wisteria x hybrida</i> hort., <i>W. sinensis</i> Sweet	–	Чернь (<i>Fumago vagans</i> Pers.)	II–III
<i>Laburnum anagyroides</i> Medik.	Люцерновая, или акациевая тля (<i>Aphis craccivora</i> Koch.)		II–III
<i>Fagaceae</i>			
<i>Quercus gilva</i> Blume, <i>Q. glauca</i> Thunb., <i>Q. iberica</i> Stev., <i>Q. variabilis</i> Blume, <i>Q. hartwissiana</i> Stev.	Желудевый долгоносик (<i>Curculio glandium</i> Marsch.)	–	III–IV
<i>Hypericaceae</i>			
<i>Hypericum patulum</i> Thunb.	Приморский мучнистый червец (<i>Pseudococcus maritimus</i> Ehrh. (<i>obscurus</i> Essg.)		I–II
<i>Hippocastanaceae</i>			
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.		Бурая, белая плесень	II
<i>Lauraceae</i>			
<i>Beilschmiedia roxburghiana</i> Nees	Мягкая ложнощитовка (<i>Coccus hesperidum</i> L.)		I
<i>Magnoliaceae</i>			
<i>Magnolia kobus</i> DC.	–	Серая пятнистость (<i>Phyllosticta magnoliae</i> Sacc.)	II
<i>Malvaceae</i>			
<i>Hibiscus coccineus</i> Walt.	Повреждения листогрызущими		II–IV

Вид	Вредители	Болезни	Степень повреждения, поражения, балл
<i>Meliaceae</i>			
<i>Melia azedarach</i> L.	–	Буря пятнистость (<i>Pestalotia</i> sp.)	II
<i>Mimosaceae</i>			
<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	Люцерновая, или акациевая тля (<i>Aphis craccivora</i> Koch.)		II–IV
<i>Pinaceae</i>			
<i>Cedrus deodara</i> G. Donfil.		Серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers.)	единично
<i>Pittosporaceae</i>			
<i>Bursaria spinosa</i> Cav., <i>Pittosporum heterophyllum</i> Franch.	Приморский мучнистый червец (<i>Pseudococcus maritimus</i> Ehrh. (<i>obscurus</i> Essg.))	Чернь (<i>Fumago vagans</i> Pers.)	II–III
<i>Rosaceae</i>			
<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.	–	Чернь (<i>Fumago vagans</i> Pers.) Серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers.)	II
<i>Pyrus caucasica</i> Fed.	–	Монилиальный ожог (<i>Monilia cinerea</i> Bonord.) Серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers.)	II–III
<i>Exochorda racemosa</i> Rehd.		Монилиальный ожог (<i>Monilia cinerea</i> Sacc.)	II
<i>Crataegus microphylla</i> C. Koch	–	Коричневая пятнистость (<i>Gloeosporium crataegi</i> Hollos)	II
<i>Mespilus germanica</i> L.	–	Серая гниль (<i>Botrytis cinerea</i> Pers.)	II
<i>Chaenomeles x superba</i> Rehd. cv. <i>Crimson and Gold</i>	–	Монилиальный ожог (<i>Monilia cinerea</i> Bonord.)	II–III
<i>Chaenomeles japonica</i> Spach	Буровато-округлые пятна		
<i>Pseudocydonia sinensis</i> Schneid.	Повреждение грызунами (белки)	Монилиальный ожог (<i>Monilia cinerea</i> Bonord.)	II–III
<i>Theaceae</i>			
<i>Camellia sasanqua</i> Thunb. cv. <i>Rosea</i>	Приморский мучнистый червец (<i>Pseudococcus maritimus</i> Ehrh. (<i>obscurus</i> Essg.))	–	II–III

Список литературы

1. Орлова А. А., Голодная С. Л., Пособие по фитопатологическому анализу семян древесных и кустарниковых пород, М., 1959.
2. Прибыллова М. В. Насекомые — вредители лесных семян Северного Кавказа / Краснодар, Кн. изд-во, 1991. — 222 с.
3. Пастухова И. С. Мучнисторосяные грибы на древесных породах в озеленении Сочи // «Роль ботанических садов и дендропарков в сохранении и обогащении биологического разнообразия урбанизированных территорий» сб. материалов междунар. науч. конф.: Киев: НЦЭБМ НАН Украины, «Випол», 2013, с. 124–125.
4. Пастухова И. С. Рак олеандра (*Pseudomonas savastanoi* var. *Nerii* c. O. Sm.) в городских и парковых условиях // «Актуальные проблемы изучения сохранения фито-и микобиоты», сб. материалов междунар. науч. конф.: Минск, 2013 г., с. 284.

Инсектарий и его значение для биологического контроля численности вредителей в коллекционной оранжерее Полярно-альпийского ботанического сада

Рак Н. С., Литвинова С. В.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина, КНЦ РАН, Кировск, Россия, rakntlj@rambler.ru, litvinvasvetlana203@rambler.ru

Резюме. В Полярно-альпийском ботаническом саду-институте им. Н. А. Аврорина Кольского научного центра РАН (ПАБСИ) в специально оборудованном инсектарии проводятся экспериментальные исследования по интродукции и адаптации энтомоакарифагов. Создана и содержится коллекция энтомофагов, названная культурами ПАБСИ.

Insectarium and its significance for the biological control of pests number in the collection greenhouse of the Polar-Alpine Botanical Garden. Rak N. S., Litvinova S. V. **Summary.** In the specially equipped insectarium of the Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of N. A. Avrorin, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences (PABGI) experimental investigations of the entomocariphagous introduction and adaptation are conducted. There is created and maintained the entomophagous collection named the PABGI Cultures.

Коллекционные оранжереи Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина Кольского научного центра РАН (ПАБСИ) — это уникальный фонд более чем 1000 видов тропических и субтропических растений [3, 4], многие из которых занесены в Красные книги разных рангов. Большое флористическое разнообразие и специфический микроклимат созданного искусственного биоценоза способствовали массовому развитию и формированию устойчивого состава вредных организмов, борьба с которыми стала необходимой [1, 2, 6].

Для выявления эколого-биологических закономерностей взаимоотношений основных групп организмов в искусственном биоценозе коллекционной оранжереи проводится фитосанитарный мониторинг. Изучен видовой состав фитофагов, годичная и сезонная динамика численности, дана оценка их вредоносности. Многолетние исследования по интродукции и акклиматизации энтомофагов позволили сформировать наиболее перспективные культуры, изучить их биологию, модифицировать способы массового разведения и применения для защиты растений в специфических условиях Заполярья [7].

В ПАБСИ разработана и используется специализированная инфраструктура инсектария, который был создан и оборудован в 90-х гг. специально для адаптации интродуцированных энтомофагов к новым условиям, сохранения, размножения и дальнейшего использования против вредителей в оранжереях. В настоящее время это единственный инсектарий в ботанических садах России. Инсектарий включает 2 теплицы по 46 м² (рис. 1–4) и изолированный бокс с биокамерами (рис. 5, 6). В теплицах обеспечивается размножение, содержание и «воспитание» энтомофагов в течение всего года, в боксе — сохранение чистых маточных культур вредителей и энтомофагов.

В теплицах инсектария проводятся исследования сезонно-циклических адаптаций энтомофагов, зависящих от климатических факторов. Температурный режим в защищенном грунте,



Рис. 1. Инсектарий

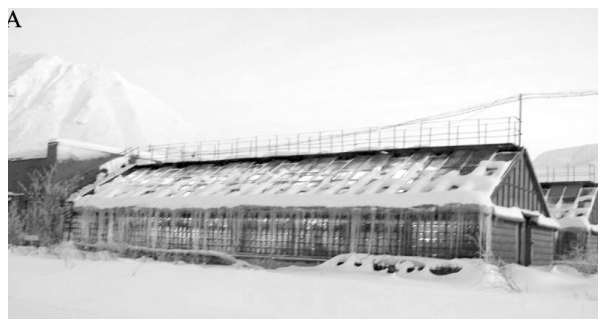


Рис. 2. Теплицы инсектария



Рис. 3. Растения в изолированных отсеках



Рис. 4. Растения на стеллажах

особенно в не отапливаемый период (с середины мая до середины сентября), зависит от наружной температуры и подвержен значительным колебаниям. В мае-июле в солнечные дни происходит нагрев воздуха в оранжерее до 30–35°C, а иногда и более. В пасмурные дни температура резко снижается, иногда до 7–8°C (рис. 2). Особенности естественного светового режима лимитируют возможности использования защищенного грунта без дополнительного освещения и обогрева. Наиболее высокая освещенность в природе в ясные дни весной и летом составляет до 60–70 клк, в пасмурные дни — 10–12 клк, интенсивность света в оранжереях, как правило, в 2–4 раза ниже. В осенне-зимний период ртутными дуговыми люминесцентными лампами ДРЛ-400 и ДРЛ-600 обеспечивается освещение до 250–300 Вт на 1 м² (6–15 клк). В период полярной ночи растения дополнительно освещаются в течение 12–16 часов.

В весенне-летний период выращиваются огурцы, томаты, перцы, петрушка, сельдерей, которые интенсивно растут и активно заселяются вредителями. Именно на таких сезонных растениях быстро и в большом количестве размножаются и накапливаются культуры энтомофагов. В зимний период вредители и энтомофаги сохраняются на маточных кормовых растениях: гибискус, бугенвиллея, калла (*M. persicae*, *N. circumflexus*); розы (*Macrosiphum rosae*); калла (*P. dracaenae*, *H. haemorrhoidalis*); дуранта, табаки (*T. vaporariorum*); лимон, аспидистра (*T. urticae*).

Планомерная смена насекомых-хозяев кормовых растений — гарантия поддержания высокой жизнеспособности сформированных энтомоакарифагов культур ПАБСИ. Для сохранения репродуктивных функций и эффективности популяций энтомофагов регулярно проводится тестирование, строгий учет их численности в теплицах инсектария. Проверяется плодовитость, продолжительность развития преимагинальных стадий и подсчитывается вылет имаго.

В инсектарии содержится коллекция энтомофагов культур ПАБСИ: *Aphidoletes aphidimyza* Rond — галлица афидимиза, *Aphidius colemani* Vier. — афидиус колемани, *Phytoseiulus persimilis* Ath.-Henr — фитосейулюс персимилис, *Amblyseius m(a)ckenziei* Schuster & Pritchard (=barkeri) — амблисейус маккензи, *Encarsia formosa* Gahan — энкарзия формоза.

В биокамерах изолированного бокса (рис. 5, 6), где поддерживаются оптимальные условия, круглогодично методом «зеленого конвейера» на растениях бобов, фасоли, табаках сохраняют-



Рис. 5. Изолированный бокс



Рис. 6. Биокамеры (парники и садки)

ся чистые маточные культуры вредителей *A. fabae*, *T. urtica*, *T. vaporariorum*, используемые в качестве корма для разведения и содержания энтомофагов в теплицах инсектария.

На схемах (рис. 7, 8) показано расположение рабочих энтомологических биокамер.

Условия содержания фитофагов и энтомофагов в теплицах инсектария отличаются от таковых коллекционной оранжереи большим диапазоном перепадов температур и влажности воздуха, что связано с конструктивными особенностями строений. Степень адаптации насекомых и клещей в условиях инсектария оказалась более высокой, что позволило провести отбор самых перспективных по биологическим показателям организмов. Энтомофаги культур ПАБСИ развиваются в широком диапазоне температур от 10–14 до 19–20°C. В отличие от них, культуры энтомофагов средней полосы развиваются в заметно более узком диапазоне более высоких (25–30°C) температур [5]. Повышенная холодостойкость и пластичность энтомофагов культур ПАБСИ обеспечивает их высокую эффективность в течение всего года в оранжереях с нестабильными условиями.

Сформирована сбалансированная структура основных групп организмов в системе «растения-фитофаги-энтомофаги» и обеспечено ее функционирование в условиях коллекционных оранжерей. Разработаны схемы и регламенты по разведению, накоплению и сохранению маточных культур.

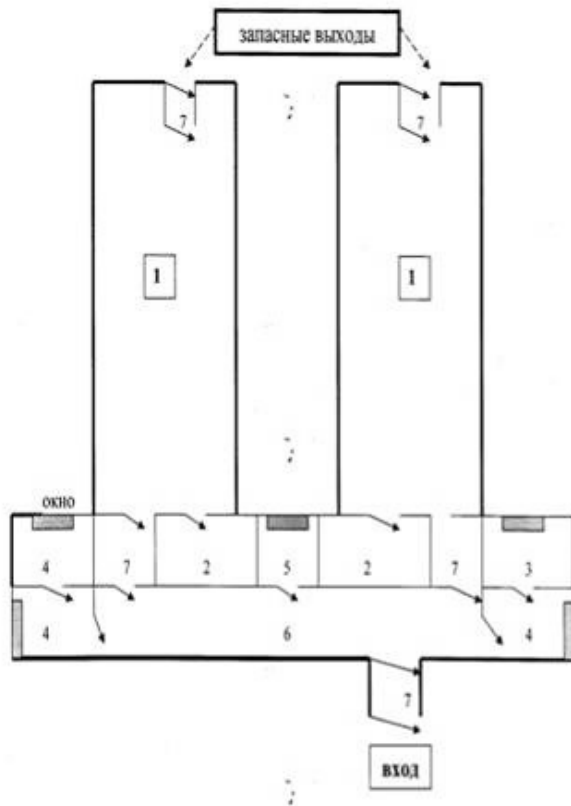


Рис. 7. Схема инсектария: 1 — теплицы; 2 — термокамеры; 3 — разводочная; 4 — лаборантские; 5 — компьютерная; 6 — коридор; 7 — изолирующие тамбуры

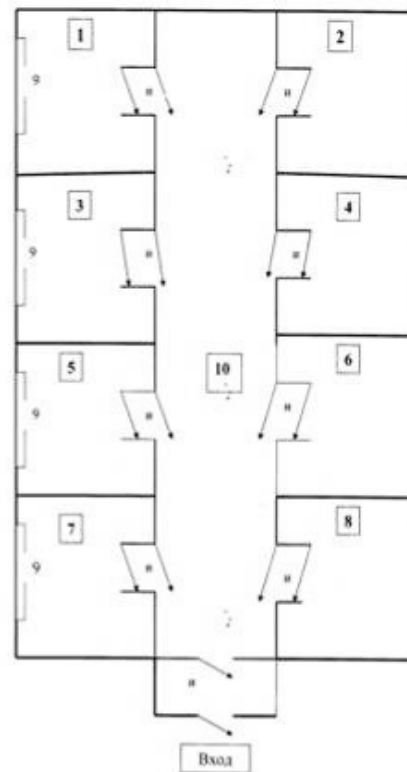


Рис. 8. Схема изолированного бокса: 1, 3, 5, 7 — биокамеры с окнами; 2, 4, 6, 8 — биокамеры без окон; 9 — окна; 10 — коридор и изолирующие тамбуры

Список литературы

1. Вершинина Н. П. Вредители декоративных растений Мурманской области // Развитие ботанических исследований на Кольском Севере. Апатиты, 1980. С. 138–147.
2. Иванов С. М., Милина Л. И. Основные вредители и болезни растений, их фитосанитарная профилактика в условиях Мурманской области. Апатиты, 2003. 76 с.
3. Иванова Л. А., Святковская Е. А., Тростенюк Н. Н. Северное цветоводство. Апатиты, 2004. 202 с.
4. Козупеева Т. Н., Лештаева А. А. Тропические и субтропические растения на Полярном севере. Л., 1979. 82 с.
5. Павлюшин В. А., Воронин К. Е., Красавина Л. П. Использование энтомофагов в биологической защите растений в теплицах России // Труды / РЭО, 2001. Т. 72. С. 16–31.
6. Рак Н. С., Жиров В. К., Красавина Л. П. Биоценоотические основы формирования северных популяций энтомофагов. Апатиты, 2007. 92 с.
7. Рак Н. С., Литвинова С. В., Напарьева М. В. Влияние северных популяций энтомофагов на стабилизацию фитосанитарной ситуации в коллекционной оранжерее Полярно-альпийского сада // Ботанические сады и устойчивое развитие северных регионов. Апатиты-Кировск, 2011. С. 165–169.

Опыт использования свободного программного обеспечения — СУБД LibreOffice Base для создания баз данных по фитофагам — вредителям декоративных растений

Рогинский А. С., Шакун А. А., Буга С. В.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
bio.roginski@mail.ru

Резюме. Обсуждается позитивный опыт использования свободного программного обеспечения — СУБД LibreOffice Base — для создания баз данных по фитофагам — вредителям декоративных растений. Разработанные на кафедре зоологии Белорусского государственного университета приложения позволяют аккумулировать информацию по регистрациям минирующих и сосущих насекомых — вредителей зеленых насаждений.

Free software LibreOffice Base using for creations of data bases on pests of ornamental plants. Roginsky A. S., Shakun A. A., Buga S. V. **Summary.** A positive experience of free software LibreOffice Base using for making of data bases on phytophagous arthropods — pests of ornamental plants are discussed in the article. Developed at the Department of Zoology of the Belarusian state university applications allow to accumulate information on of leaf miners and sucking pests registrations in green stands and decorative plantings.

К настоящему времени офисные пакеты OpenOffice.org и LibreOffice, относящиеся к свободному программному обеспечению, обладают развитыми средствами создания и управления базами данных — СУБД OpenOffice.org Base и LibreOffice Base. Инструментальные средства, в частности, LibreOffice Base, обеспечивают:

- создание и редактирование структуры и объектов базы данных;
- создание и реализация запросов, форм и отчетов;
- работу с базами данных, созданными средствами Microsoft Office Access, MySQL и др.;
- импорт данных из текстовых файлов и электронных таблиц.

Все компоненты LibreOffice связаны между собой, используют общие библиотеки и обеспечивают единую среду, представляющую пользователю объединенный функционал. Подобная интеграция увеличивает функциональность каждого из компонентов пакета. Офис по редактированию, преобразованию, импорту и экспорту документов различных форматов осуществляет поддержку работы с документами следующих форматов: текстовых документов ODF (.odt), электронных таблиц ODF (.ods), текстовых документов OpenOffice.org (.sxw), электронных таблиц OpenOffice.org (.sxc), документов Microsoft Office Word (.doc и .docx), Microsoft Office Excel (.xls и .xlsx), баз данных Microsoft Office Access (.mdb и .mdbx) и dBASE (.dbf). Кроме поддержки этих форматов, также возможен экспорт документов в PDF формат [1].

В рамках выполнения подзадания 2.05.1 «Анализ особенностей биологии и экологии, оценка уровней вредоносности инвазивных видов минирующих и сосущих членистоногих в усло-

виях декоративных зеленых насаждений регионов Беларуси» задания 2.05 «Оценка угроз и разработка системы рисков от внедрения инвазивных видов в нативные сообщества как элемент экологической безопасности Республики Беларусь» подпрограммы «Биоразнообразие, биоресурсы, экология» Государственной программы научных исследований «Природопользование и экология» на кафедре зоологии Белорусского государственного университета разрабатываются базы данных для аккумуляции информации о распространении фитофагов — вредителей декоративных растений. Среди них база данных по распространению каштановой минирующей моли (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986; Lepidoptera: Gracillariidae). Она объединяет 4 таблицы: «Учеты», «Таксон», «География сборов», «Авторы сбора». Базовой среди них является таблица «Учеты», которая интегрирована связями «один-ко-многим» с другими таблицами. Для оптимизации процесса ввода данных с использованием мастеров СУБД созданы соответствующие формы. После пробного ввода данных была проведена корректность работы созданного приложения СУБД. Обращалось внимание на правильность ввода и целостность введенных данных, а именно их обновление и корректность автоматизированного контроля. Эта проверка подтвердила корректную работу и целостность структуры СУБД. Следующим этапом была разработка запросов и отчетов, предназначенных для анализа распространения каштановой минирующей моли в условиях Беларуси. Их использование позволило оперативно подготовить обзорные материалы, характеризующие характер распространения *C. ohridella* на территории административных областей и ландшафтно-географических провинций Беларуси.

Еще одной задачей являлось создание приложения для регистрации точек сборов грудоботных насекомых (Insecta: Sternorrhyncha) — кокцид (Coccidioidea), белокрылок (Aleyrodoidea), хермесов (Phylloxeroidea) и листоблошек (Psylloidea) фауны Беларуси. Разработанная схема структуры базы данных предполагает создание 4 таблиц, интегрированных связями «один-ко-многим». Для облегчения ввода данных предназначены соответствующие формы, для фильтрации — запросы.

Опыт использования СУБД LibreOffice Base в целом положительный. Использование свободно распространяемого программного обеспечения позволит, при необходимости, распространять данную разработку без ограничений, свойственных проприетарному программному обеспечению.

Список литературы

1. Виноградова М. В., Виноградов В. И. Возможности программирования LibreOffice/OpenOffice для создания программ обработки документов. Наука и инновации. 2014. 25(1). С. 1–11.

Молекулярно-генетическая идентификация фитопатогенов некоторых цветочных растений в насаждениях Беларуси

Рубель И. Э.¹, Пантелеев С. В.¹,
Головченко Л. А.², Дишук Н. Г.², Константинов А. В.¹

¹ ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», г. Гомель, Беларусь, illiarubel@yahoo.com

² Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
[L. Golovchenko@cbg.org.by](mailto:L.Golovchenko@cbg.org.by)

Резюме. В статье описана диагностика болезней цветочных растений на основании использования классических фитопатологических методов и ДНК-анализа. Идентифицирован видовой состав возбудителей болезней 4 родов цветочных растений, используемых при озеленении в городских насаждениях. Установлено, что исследованная группа растений поражена болезнями грибной этиологии. Идентифицировано 12 видов фитопатогенных микромицетов родов *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Botrytis*, *Cadophora*, *Cladosporium*, *Cryptococcus*, *Penicillium*, *Sclerotinia*, включая 4 новых, определенных впервые. Бактериальной инфекции не выявлено.

Molecular genetic identification of the phytopathogens of some flowering plants in the plantations of Belarus. Rubel I. E., Panteleev S. V., Golovchenko L. A., Dishuk N. G., Konstantinov A. V. **Summary.** The article describes the diagnosis of diseases of flowering plants based on the use of traditional and DNA analysis methods. The species composition of pathogens of 4 genera of flowering plants used in planting in urban plantations was identified. It is established that the investigated group of plants is affected by diseases of fungal etiology. 12 species of phytopathogenic micromycetes of the genera *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Botrytis*, *Cadophora*, *Cladosporium*, *Cryptococcus*, *Penicillium*, *Sclerotinia* were identified, including 6 new ones, determined for the first time. Bacterial infection was not detected.

В Беларуси цветочному оформлению отводится большая роль в городском озеленении. Сохранность, долговечность, декоративные качества цветников во многом зависят от правильно проводимых мероприятий по уходу за растениями, среди которых важное место занимает защита растений от болезней и вредителей. Помимо аборигенной микрофлоры, в процессе интродукции вместе с посадочным материалом в страну попадают чужеродные, потенциально инвазивные возбудители заболеваний. Массовое размножение чужеродных видов в совокупности с болезнетворной аборигенной микрофлорой могут привести к существенному ущербу для местных и интродуцированных видов растений [1].

Идентификация видов, трудно диагностируемых классическими методами, некультивируемых патогенов, инвазивных инфекционных агентов требует разработки специальных подходов к их идентификации, основанных на применении молекулярно-генетических методов анализа. Методы ДНК-анализа позволяют достоверно идентифицировать возбудителя при наличии всего лишь одной либо нескольких клеток патогена в растении, т. е. на стадии еще бессимптомного течения заболевания, различать виды-двойники и устанавливать степень их патогенности [2].

Несмотря на достаточно большое количество изученных видов фитопатогенов цветочных растений, а также их экологическую и хозяйственную значимость, данные по их анализу раз-

рознены и неполны. Что касается Беларуси, то исследования по молекулярно-генетической диагностике возбудителей инфекционных заболеваний цветочных растений ранее не проводились.

Материалом для исследования служили луковичные (тюльпан, гиацинт) и корневищные (ирис, пион) цветочные растения с симптомами поражения болезнями. Экспериментальный материал был собран на урбанизированных территориях, а также в коллекционных фондах растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Идентификацию возбудителей болезней растений классическими методами фитопатологии проводили в лаборатории защиты растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси. Образцы цветочных растений для проведения молекулярно-генетической идентификации патогенов были переданы в лабораторию генетики и биотехнологии Института леса НАН Беларуси. Выделение суммарной ДНК из растительных тканей вегетативных и репродуктивных органов проводилось с использованием модифицированного СТАВ-метода [2]. Для идентификации в исследуемых образцах грибной микрофлоры был выбран маркерный регион рДНК 18S-ITS1–5,8S-ITS2–28S. Для диагностики бактериальной инфекции был выбран фрагмент гена 16S рРНК (2 домен). В ходе полимеразной цепной реакции (ПЦР) использовался набор универсальных праймеров для идентификации грибной (ITS1, ITS1F, ITS2, ITS3, ITS4) и бактериальной микрофлоры (UNI) [3–5]. Секвенирование ПЦР-продуктов проводилось в генетическом анализаторе Abi Prism 310 (Thermo Fisher Scientific) в соответствии с прилагаемой инструкцией. Анализ полученных результатов проводился в базе данных генного банка Национального центра биотехнологической информации (NCBI, США) [6].

На этапе ПЦР проведена оптимизация амплификации видоспецифических локусов фитопатогенных грибов. В случае использования праймеров ITS1/ITS4, ITS1/ITS2, ITS3/ITS4 кроме генетического материала патогена, в случае инфицированных растений, в образцах содержались ампликоны растения-хозяина, что связано с гомологией нуклеотидных последовательностей грибов и покрытосеменных растений в местах отжига праймеров (регионы генов 18S и 28S рРНК) (рис. 1).

Однако для проведения идентификации видов методом секвенирования необходима элиминация ампликонов растения-хозяина, что было достигнуто при использовании праймеров ITS1F/ITS4 (низкая степень гомологии нуклеотидных последовательностей в месте отжига праймера ITS1F в регионе гена 18S рРНК). Таким образом, данная комбинация праймеров использовалась в дальнейших исследованиях.

В ходе ПЦР был выявлен спектр фракций грибной ДНК различной длины (≈ 550 –790 пар нуклеотидов) и интенсивности, что свидетельствовало о наличии в исследуемых образцах полиинфекции доминирующих и сопутствующих видов (рис. 2).

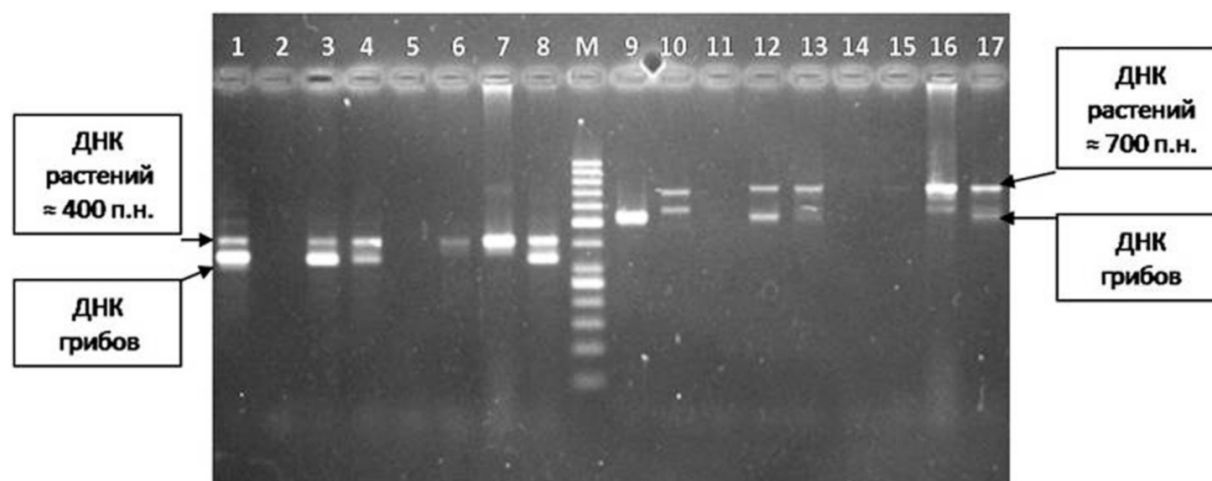


Рис. 1. Фрагмент ПЦР-спектра грибной микрофлоры и растений-хозяев: 1–8 — ПЦР-продукты ITS3/ITS4; 9–17 — ПЦР-продукты ITS1/ITS4; М — электрофоретический стандарт

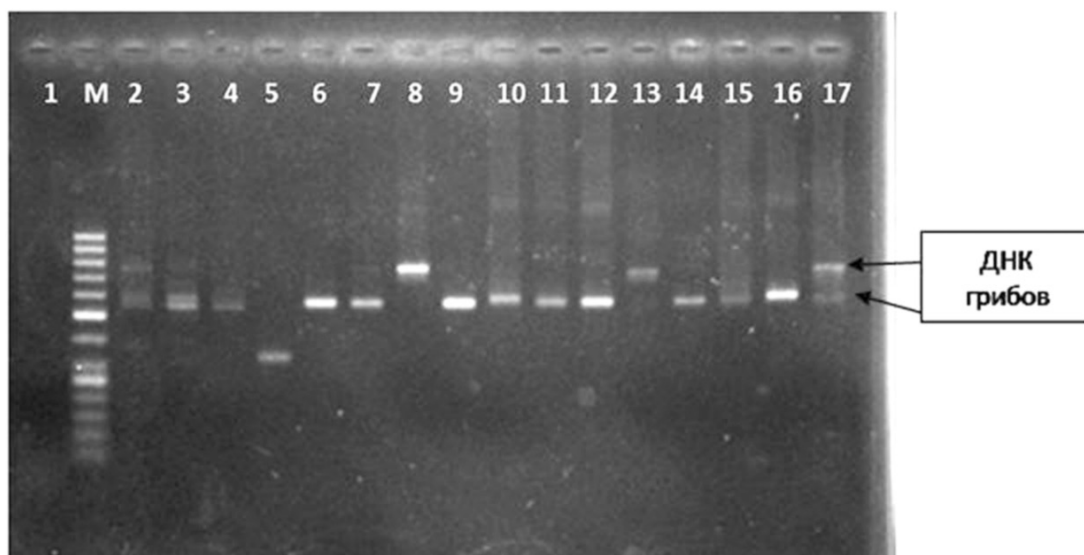


Рис. 2. Фрагмент ПЦР-спектра грибной микрофлоры цветочных растений: 1 — отрицательный контроль (вода); 2–17 — ПЦР-продукты ITS1F/ITS4; М — электрофоретический стандарт

По результатам идентификации видового состава патогенов растений с использованием классических методов видовой диагностики на луковичных цветочных растениях выявлены 3 вида патогенных грибов; на корневищных цветочных растениях — 5 видов патогенных грибов (табл. 1).

Проведение молекулярно-генетического анализа позволило выявить большее разнообразие грибов в тех же образцах цветочных растений: идентифицированы как патогенные, так и условно патогенные виды. По результатам секвенирования выявленных ампликонов грибов в базе данных генного банка Национального центра биотехнологической информации (NCBI, США) идентифицировано 12 видов грибов.

Как видно из табл. 1, треть исследованных образцов поражены грибами с таксономическим статусом «sp. nov», что свидетельствует о том, что данные виды диагностированы впервые и в настоящий момент не имеют морфологической характеристики.

Вид *Botrytis* sp. nov, идентифицированный на пионах, является родственным видом *B. raemoniae* Oudem. — фитопатогена пионов и *B. elliptica* (Berk.) E. Wright — возбудителя пятнистости листьев цветочных растений семейства Лилейных. Генетическое сходство данных видов по исследованному локусу рДНК (ITS) составляет 98%.

Вид *Cryptococcus* sp. nov, выявленный в стеблях пионов, имеет генетическое сходство с неизвестными и до настоящего времени некультивированными видами рода *Cryptococcus*, идентифицированными зарубежными авторами на широком спектре растений с использованием молекулярно-генетического анализа.

В стеблях тюльпана с симптомами пенициллеза, определен новый вид пеницилла (*Penicillium* sp. nov), генетически сходного на 99% со штаммом *Penicillium* sp.3 (ID AJ004820), идентифицированным в образцах почвы датским ученым П. Скубо с сотрудниками в 1999 г. Ближайшим описанным родственным видом является цветочный патоген *P. gladioli* McCulloch (98%).

Вид *Cladosporium* sp. nov, идентифицированный в некротических бурых пятнах на листьях ириса, является близкородственным патогеном *C. herbarum* (Pers.) Link и *C. cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries (99% генетического сходства по маркерному локусу рДНК).

Следует отметить, что возбудителем гнили лукович гиацинта явился гриб *Cadophora malorum* (Kidd & Beaumont) W. Gams — известный в литературе как возбудитель боковой гнили яблони и груши. Однако в зарубежной литературе в последние годы данный вид ассоциируется также с гнилью гиацинта [7].

В ходе ПЦР-анализа бактериальной микрофлоры фитопатогенных видов не выявлено.

Таблица 1

Фитопатогенные грибы, идентифицированные
в исследованных образцах цветочных растений

Род растений	Вид фитопатогена/ локализация	
	по результатам молекулярно-генетического анализа	по результатам классических методов фитопатологии
Пион	<i>Botrytis cinerea</i> Pers. / стебель	<i>Botrytis cinerea</i> Pers. / стебель, листья, цветок
	<i>Botrytis</i> sp. nov / стебель	<i>Botrytis paeoniae</i> Oudem. / стебель, листья
	<i>Cryptococcus</i> sp. nov / стебель	
	<i>Aureobasidium pullulans</i> (de Bary & Lowenthal) G. Arnaud / листья, прицветник	
	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary / листья, стебель	
Ирис	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl. / листья	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl. / листья
	<i>Botrytis cinerea</i> Pers. / листья	<i>Botrytis cinerea</i> Pers. / листья
	<i>Cladosporium iridis</i> (Fautrey & Roum.) G.A. de Vries / листья, корневище	<i>Cladosporium iridis</i> (Fautrey & Roum.) G.A. de Vries / листья
	<i>Cladosporium</i> sp. nov / листья	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary / корневище
	<i>Uncultured Wilcoxina</i> (некультивируемый вид) / корневище	
Тюльпан	<i>Alternaria infectoria</i> Simmons / лист	<i>Botrytis tulipae</i> (Lib.) Lind
	<i>Botrytis cinerea</i> Pers. / листья	<i>Botrytis cinerea</i> Pers. / лист
	<i>Penicillium</i> sp. nov / стебель	<i>Penicillium</i> sp. / стебель
Гиацинт	<i>Cadophora malorum</i> (Kidd & Beaumont) W. Gams / луковица	

Таким образом, в результате диагностики фитопатогенной микрофлоры некоторых луковичных (тюльпан, гиацинт) и корневищных (ирис, пион) цветочных растений традиционными фитопатологическими методами идентифицировано 8 видов фитопатогенных грибов. Молекулярно-генетическая диагностика позволила идентифицировать 12 видов фитопатогенных грибов, включая 4 новых, определенных впервые. Следует отметить, что в большинстве случаев данные микологического и генетического анализа согласуются, что свидетельствует о точности и достоверности проведенной диагностики.

Список литературы

1. Lowry E., Rollinson E. J., Laybourn A. J., Scott T. E., Aiello-Lammens M. E., Gray S. M., Mickley J., Gurevitch J. Biological invasions: A field synopsis, systematic review, and database of the literature. *Ecology and evolution*, 2012, V. 3, P. 182–196.
2. Падутов В. Е., Баранов О. Ю., Воропаев Е. В. Методы молекулярно-генетического анализа. Мн.: Юнипол, 2007, 176 с.
3. White T. J., Bruns T. D., Lee S. B., Taylor J. W. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *Academic Press*, 1990, P. 315–322.

4. Gardes M., Bruns T. D. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes application of the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology*, 1993, V. 2, P. 113–118.
5. Sauer P., Gallo J., Kesselova M., Kolar M., Koukalova D. Universal primers for detection of common bacterial pathogens causing prosthetic joint infection. *Biomed Pap Med*, 2005, V. 149, № 2, P. 285–288.
6. National Center for Biotechnological Information, NCBI [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. — Date of access: 14.09.2016.
7. Dagno K., Lahlali R., Diourte M., Jijakli M. H. Production and oil-emulsion formulation of *Cadophora malorum* and *Alternaria jacinthicola*, two biocontrol agents against water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Afr. J. Microbiol. Res.*, 2011, V. 5, P. 924–929.

Комплекс насекомых — вредителей деренов (*Cornus spp.*) в условиях зеленых насаждений Беларуси

Сауткин Ф. В.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, fvsauskin@gmail.com

Резюме. В результате целенаправленных исследований в течение полевых сезонов 2009–2016 гг. в условиях всех районов интродукции растений Беларуси выявлен таксономический состав комплекса насекомых-фитофагов — вредителей древесно-кустарниковых растений ботанического рода *Cornus* L. Комплекс включает 12 видов насекомых вредителей. Впервые для региональной фауны указан 1 вид галлиц (Diptera: Cecidomyiidae) — *Craneiobia corni* (Giraud, 1863).

Insect pests complex of dogwoods (*Cornus spp.*) under the conditions of green stands in Belarus. Sautkin F. V. **Summary.** The investigations were spent in 2009–2016 under the conditions of green stands on the territory of all plant introduction areas in Belarus. It was found 12 species of phytophagous insect pests, 1 species of gall midges (Diptera: Cecidomyiidae) — *Craneiobia corni* (Giraud, 1863) is recorded from Belarus for the first time. Information about the occurrence and harmfulness of pests are given.

Относительно бедный породный состав аборигенной дендрофлоры Беларуси (107 видов, из которых 27 — деревья, 58 — кустарники, 8 — полукустарники и 15 — кустарнички) и одновременно большое практическое значение кустарниковых растений для лесного хозяйства, садоводства, зеленого строительства, фармацевтической промышленности и других хозяйственных отраслей, стали причиной для проведения масштабных работ по обогащению видового состава путем фитоинтродукции [1–3]. Последний, на сегодняшний день, ассортимент древесно-кустарниковых растений для озеленения Беларуси (1997 г.) более чем на 90% состоит из интродуцентов, что в некоторой степени, косвенно отражает специфику состава зеленых насаждений населенных пунктов республики [3, 4]. Роль ведущего центра интродукции на территории страны, с момента своего основания (1931 г.) и по сей день, принадлежит Центральному ботаническому саду Национальной академии наук Беларуси. В настоящее время коллекция растений ботанического саданасчитывает более 2000 таксонов древесных растений из 165 родов 56 семейств [4–6].

В мировой флоре известно более 50 видов древесно-кустарниковых растений ботанического рода *Cornus* L. [7, 8]. В условиях Беларуси естественно произрастает 1 вид — дерен кроваво-красный, или свидина (*Cornus sanguinea* L.) [2]. Нетребовательность к почвенным условиям, способность к быстрому разрастанию, высокая устойчивость к условиям города и ценные декоративные качества деренов обуславливают их популярность в практике зеленого строительства. Интродукционные испытания в условиях республики прошли, по меньшей мере, 20 видов и садовых форм деренов: белый (*Cornus alba* L.), дерен белый пестролистный (*C. a.* ‘*Argenteo-marginata*’), дерен белый Шпета (*C. a.* ‘*Spaethii*’), дерен очереднолистный (*Cornus alternifolia* L.), дерен душистый (*Cornus atomum* Mill.), дерен шероховатolistный (*Cornus asperifolia* Michx.), дерен южный (*Cornus australis* C. A. Mey), дерен Бейли (*Cornus baileyi* Goultet Evans), дерен

Бретшнейдера (*Cornus bretschneideri* L. Henry), дерен корейский (*Cornus coreana* Wanger), дерен цветущий (*Cornus florida* L.), дерен женский (*Cornus foemina* Mill.), дерен оголенный (*Cornus glabrata* Benth), дерен мужской, или кизил (*Cornus mas* L.), дерен косой (*Cornus obliqua* Raf.), дерен седолистный (*Cornus poliophylla* C. K. Schneidet Wanger), дерен опушенный (*Cornus pubescens* Nutt.), дерен кистеобразный, или метельчатый (*Cornus racemosa* Lam.), дерен карликовый (*Cornus pumila* Koehne) и дерен отпрысковый, или укореняющийся (*Cornus stolonifera* Michx.) [5, 7, 8]. Большинство из них представлено в насаждениях арборетума и ландшафтного парка Центрального ботанического сада НАН Беларуси [5].

Для зеленого строительства в условиях Беларуси рекомендованы 6 видов деренов: аборигенный дерен кроваво-красный и интродуцированные дерен настоящий, дерен белый, дерен Бейли, дерен метельчатый и дерен укореняющийся [4, 7, 8]. Ввиду высоких показателей экологической и ландшафтной значимости, а также устойчивости в условиях города, наибольшую популярность в практике зеленого строительства республики получили дерен белый и кроваво-красный [4, 8].

Таблица 1

Таксономический состав, встречаемость и вредоносность насекомых-фитофагов — вредителей деренов (*Cornus* spp.) в условиях зеленых насаждений Беларуси

Вредитель	Встречаемость	Вредоносность
Надкласс Insecta — Насекомые		
Отряд Homoptera — Равнокрылые		
Семейство Aphididae — Настоящие тли		
1. <i>Anoecia corni</i> (Fabricius, 1775)	++++	+++
2. <i>Aphis salicariae</i> Koch, 1855	++	+++
Семейство Diaspididae — Щитовки		
3. <i>Lepidosaphes ulmi</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
Семейство Coccidae — Ложнощитовки		
4. <i>Parthenolecanium corni</i> (Bouche, 1844)	+	+
Отряд Coleoptera — Жесткокрылые		
Семейство Curculionidae — Жуки-долгоносики		
5. <i>Phyllobius pyri</i> (Linnaeus, 1758)	++	++
Отряд Lepidoptera — Чешуекрылые		
Семейство Coleophoridae — Чехлоноски		
6. <i>Coleophora anatipenella</i> (Hübner, 1796)	+	+
7. <i>Coleophora ahenella</i> Heinemann, 1877	+	+
Семейство Heliozelidae — Моли-блестянки		
8. <i>Antispila metallella</i> (Denis & Schiffmüller, 1775)	++	+++
Семейство Tortricidae — Листовертки		
9. <i>Acleris umbrana</i> (Hübner, 1799)	+	+
10. <i>Pandemis corylana</i> (Fabricius, 1794)	++	++
Отряд Diptera — Двукрылые		
Семейство Agromyzidae — Минирующие мушки		
11. <i>Phytomyza agromyzina</i> Meigen, 1830	+++	++
Семейство Cecidomyiidae — Галлицы		
12. <i>Craneiobia corni</i> (Giraud, 1863)	+	++

Примечание. Встречаемость: + — крайне низкая, ++ — низкая, +++ — средняя, ++++ — высокая
Вредоносность: + — низкая, ++ — умеренная, +++ — средняя, ++++ — высокая

До настоящего времени целенаправленных исследований комплекса членистоногих фитофагов-вредителей растений рода *Cornus* L. на территории Беларуси не проводилось. В качестве вредителей данной культуры в условиях региона известны только 2 вида равнокрылых хоботных насекомых (Rhynchota: Homoptera) — серая свидинно-злаковая (*Anoeciicorni* (Fabricius, 1775)) и свидинно-кипрейная (*Aphissalicariae* Koch, 1855) тли [9]. Результаты оригинальных многолетних (2009–2016 гг.) исследований таксономического состава, встречаемости и вредоносности отдельных представителей комплекса насекомых-фитофагов — вредителей растений рода *Cornus* L. в условиях зеленых насаждений населенных пунктов республики на территории всех районов интродукции древесных растений Беларуси [10] представлены в табл. 1.

Как следует из данных таблицы, комплекс насекомых фитофагов — вредителей деренов в условиях зеленых насаждений Беларуси в настоящее время включает, по меньшей мере, 12 таксонов видовой ранга. К числу основных вредителей деренов принадлежат 6 видов (таблица), в их числе 2 вида равнокрылых хоботных (Rhynchota: Homoptera) — серая свидинно-злаковая (*Anoecia corni*) и свидинно-кипрейная (*Aphis salicariae*) тли; 1 вид жесткокрылых (Coleoptera) — листовой грушевый слоник (*Phyllobius pyri* (Linnaeus, 1758)); 2 вида чешуекрылых — свидиновая моль-блестянка (*Antispila metallella* (Denis&Schifferrmüller, 1775)) и кривоусая лещинная листовертка (*Pandemis corylana* (Fabricius, 1794)); а также 1 вид двукрылых (Diptera) насекомых — кизиловая минирующая мушка (*Phytomyza agromyzina* Meigen, 1830).

Впервые для региональной фауны указан 1 вид галлиц (Diptera: Cecidomyiidae) — *Craneiobia corni* (Giraud, 1863), высокоспециализированный фитофаг, трофически ассоциированный с растениями рода *Cornus* (*C. mas*, *C. sanguinea*). Единичные находки экземпляров растений с галлами иницированными данным фитофагом зарегистрированы в условиях зеленых насаждений Южного (Брестско-Пинско-Гомельского) и Западного (Гродненско-Молодечненско-Барановичского) районов интродукции древесно-кустарниковых растений Беларуси.

Список литературы

1. Природная среда Беларуси /под ред. В. Ф. Логинова. Минск: НОООО «БИП-С», 2002. 424 с.
2. Юркевич И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах : вспомогательные таблицы. Минск: Наука и техника, 1980. 120 с.
3. Титок В. В., Володько И. К. Интродукция растений и ее роль в решении экономических и социальных проблем Республики Беларусь. Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры: Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси, 19–22 июня 2012, Минск, Беларусь. В 2 ч. Ч. 1. Минск, 2012. С. 294–298.
4. Сидорович Е. А. Ассортимент декоративных древесных и кустарниковых растений для зеленого строительства Беларуси. — Минск: Тэхналогія, 1997. 62 с.
5. Древесные растения Центрального ботанического сада АН БССР / под ред. Н. Д. Нестеровича. Минск: Наука и техника, 1982. 293 с.
6. Центральный ботанический сад НАН Беларуси: сохранение, изучение и использование биоразнообразия мировой флоры / под ред. В. В. Титка, В. Н. Решетникова. Минск: Беларуская навука, 2012. 345 с.
7. Гаранович И. М. Декоративное садоводство: справочное пособие. Минск: Тэхналогія, 2005. 348 с.
8. Чаховский А. А., Шкутко Н. В. Декоративная дендрология Белоруссии. Минск: Ураджай, 1979. 216 с.
9. Буга С. В. Дендрофильные тли Беларуси. Минск: БГУ, 2001. 98 с.
10. Нестерович Н. Д. Интродукционные районы и древесные растения для зеленого строительства в Белорусской ССР: Справочник. Минск: Наука и техника, 1981. 111 с.

Видовой состав микромицетов почвы Ботанического сада имени Б. А. Келлера Воронежского государственного агроуниверситета

Свистова И. Д.¹, Назаренко Н. Н.²,
Кувшинова Н. М.¹, Каменев В.¹

¹ Воронежский государственный педагогический университет

² Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I

Резюме. В работе представлены результаты изучения состава и особенностей микроскопических грибов чернозема выщелоченного Ботанического сада Воронежского государственного агроуниверситета на парующем и целинном участке. Определен список видов и показатели разнообразия для состояния комплекса микромицетов.

Species composition of micromycetes of soil of Botanical garden of Keller Voronezh State Agrouniversity. Svistova I. D., Nazarenko N. N., Kuvshinova N. M., Kamenev V. **Summary.** The paper presents the results of studying the composition and characteristics of microscopic fungi of the chernozem leached Botanical Garden of Voronezh State Agrarian University on the virgin land. A list of species and diversity indices for the state of the complex of micromycetes has been determined.

Микроскопические грибы играют важную роль в экосистемах, наряду с бактериями они являются основными редуцентами, в почве минерализуют биополимеры. Географические и экологические факторы природных зон определяют специфический состав комплекса микромицетов разных типов почв [1]. **Целью** работы было изучение состава и эколого-биологических особенностей комплекса микромицетов почвы Ботсада им. Келлера ВГАУ. Почва участка — чернозем выщелоченный малогумусный среднесуглинистый, содержание гумуса 4,4–5,2%, $pH_{\text{водн}}$ 6,0–6,2, $pH_{\text{сол}}$ 5,5–5,7, Нг 2,4–3,1 мг-экв/100 г, сумма поглощенных оснований 27,1–29,4 мг-экв/100 г, степень насыщенности катионами 74–80%. Анализировали микофлору почвы на участке целины с разнотравно-злаковой растительной ассоциацией и на участке без растений. Микромицеты выделяли на среде Чапека и идентифицировали по соответствующим определителям для разных классов. Видовую структуру комплекса определяли по критериям [2].

Всего в ранге типичных из почвы было выделено 36 видов грибов, относящихся к 3 классам, 6 семействам и 22 родам. Как известно, в цикле развития большинства грибов чередуются половая и бесполовая стадии. При составлении таксономических списков традиционно виды называют по половой стадии, однако в почвенной микологии принято называть виды по тем стадиям, в которых они выделяются из почвы (табл. 1).

Преобладали несовершенные грибы класса *Deuteromycetes* (29 видов). Сем. *Moniliaceae* (бесцветный мицелий) и сем. *Dematiaceae* (темный мицелий) представлены видами 9 родов, сем. *Tuberculariaceae* (многоклеточные конидии) и группа со стерильным мицелием — по 1 роду.

Таблица 1

Список видов микромицетов, выделенных из почвы Ботанического сада

Класс	Семейство	Род	Вид	
Zygomycetes	Mucoraceae	Mucor	<i>hiemalis</i> Wehmer	
			<i>michei</i> Cooney et Emerson	
		<i>ramosissimus</i> Sam.		
		Rhizopus	<i>stolonifer</i> (Ehrenb. Ex Link)	
Ascomycetes	Trichocomataceae	Talaromyces	<i>flavus</i> (Klocker) Stolk et S.	
Deuteromycetes	Moniliaceae	Acremonium	<i>alternatum</i> Lk. ex Fries	
		Aspergillus	<i>candidum</i> Link	
			<i>clavatus</i> Desmaz.	
			<i>alliaceus</i> Thom. et Church.	
			<i>ochraceus</i> Wilhelm	
			<i>fisheri</i> Thom. et Church.	
			<i>niger</i> v. Tiegh	
			<i>ustus</i> (Bain) Thom. et Chur.	
			<i>terreus</i> Thom.	
		<i>wentii</i> Wehmer		
		Botrytis	<i>cinerea</i> Persoon ex Fries	
		Cephalosporium	<i>acremonium</i> Corda	
		Gliocladium	<i>virens</i> Miller, Giddens et F.	
		Paecilomyces	<i>lilacinum</i> Thom.	
		Penicillium	<i>simplicissimus</i> (Oud.) Thom.	
			<i>daleae</i> Zaleski	
			<i>restrictum</i> Gilb. et Abb.	
			<i>daleae</i> Zaleski	
			<i>tardum</i> Thom.	
			<i>canescens</i> Sopp.	
			<i>lanosum</i> Westling	
			<i>funiculosum</i> Thom.	
			<i>viridicatum</i> Westling	
			<i>janthinellum</i> Biourge	
		<i>notatum</i> West.		
		Trichoderma	<i>koningii</i> Oudem	
			<i>pseudokoningii</i> Rifai	
			<i>harzianum</i> Rifai	
			<i>album</i> Preuss	
		Sporotrichum	<i>piluliferum</i> Link et Fries	
		Dematiaceae	Alternaria	<i>alternata</i> Ness.
			Botryotrichum	<i>piluliferum</i> Sacc. et March.
			Drechslera	<i>sorokiniana</i> Sacc. Subram
Humicola	<i>grisea</i> Traaen			
Stachybotrys	<i>chartarum</i> (Ehrenb. ex Link) Hugnes			
Cladosporium	<i>herbarum</i> (Pers.) Link			
Stemphyllium	<i>botryosum</i> Wallr.			
Aureobasidium	<i>pululans</i> (DB) Arnaud.			
Tuberculariaceae	Fusarium	<i>solani</i> (Mart) Appl.		
		<i>oxysporum</i> Snyd et Hans		
Mycelia sterilia	Rhizoctonia	<i>solani</i> Kuhn.		

Из почвы без растений в ранге типичных нами было выделено 13 видов микромицетов. Здесь завершается разложение мортмассы растений, а также микробной биомассы. Преобладают медленно растущие олиготрофные виды, осенью возрастает доля целлюлолитических и лигнолитических грибов. К стенотопным видам — индикаторам почв степной зоны — относятся *Paecilomyces lilacinum*, *Aspergillus terreus*, *Acremonium alternatum*, *Cephalosporium acremonium*, *Trichoderma koningii*, все эти виды микромицетов относятся к термофильными и ксерофильными (табл. 2).

Таблица 2

Структура комплекса типичных микромицетов чернозема выщелоченного

Ранг видов	контроль (пар)	целина
доминанты	<i>Paecilomyces lilacinum</i> <i>Penicillium tardum</i> <i>Acremonium alternatum</i> <i>Cephalosporium acremonium</i>	<i>Cephalosporium acremonium</i> <i>Alternaria alternata</i> <i>Penicillium tardum</i> <i>Penicillium janthinellum</i> <i>Penicillium simplicissimum</i> <i>Paecilomyces lilacinum</i> <i>Fusarium solani</i> <i>Trichoderma koningii</i>
типичные частые	<i>Trichoderma koningii</i> <i>Penicillium daleae</i> <i>Aspergillus terreus</i>	<i>Aspergillus candidus</i> <i>Sporotrichum piluliferum</i> <i>Chaetomium piluliferum</i> <i>Humicola grisea</i> <i>Aspergillus ustus</i> <i>Gliocladium virens</i> <i>Botrytis cinerea</i>
типичные редкие	<i>Fusarium solani</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Chaetomium piluliferum</i> <i>Penicillium funiculosum</i> <i>Penicillium simplicissimum</i> <i>Mucor hiemalis</i>	<i>Rhizopus stolonifer</i> <i>Penicillium funiculosum</i> <i>Aspergillus wentii</i> <i>Aspergillus alliaceus</i> <i>Talaromyces flavus</i> <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Botryotrychum piluliferum</i>

Из целинной почвы в ранге типичных нами выделены 22 вида грибов. Климатическая растительная ассоциация поставляет в почву разнокачественные прижизненные ризодепозиты и растительные остатки, которые разлагаются многими видами грибов. Видовое богатство и показатели α -разнообразия комплекса микромицетов возросли, а плотность типичных видов и степень доминирования снижалась за счет роста доли случайных видов (табл. 3).

Таблица 3

Показатели видового разнообразия комплексов микромицетов чернозема

Показатели	Участки отбора проб	
	Без растений	Целина
Общее количество видов	26	31
Количество типичных видов	13	22
Доля типичных видов, %	46	61
Плотность типичных видов, %	53	48
Индекс разнообразия Шеннона	3,42	3,90
Индекс доминирования Симпсона	0,10	0,09
Коэффициент Серенсена	1,00	0,82

По экологической стратегии спектр типичных видов на целинном участке расширился за счет быстрорастущих грибов сем. *Micoraceae*, целлюлозоразрушающих грибов родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Sporotrichum* и фитопатогенов родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Botrytis*, которые в почве без растений были случайными. Комплекс типичных видов грибов также включает в себя эвритопные виды в ранге доминантов: *Penicillium tardum*, *Penicillium expansum*, *Penicillium simplicissimus*.

Таким образом, видовое разнообразие комплекса микромицетов чернозема без растений в Ботсаде им. Келлера очень высокое по сравнению с другими типами почв [2, 3]. Это определяется климатическими условиями зоны, высоким содержанием гумуса и структурированностью почвы. В прикорневой зоне растений стимулируется накопление грибов-копиотрофов и гидролитиков, минерализующих растительные ризодепозиты и мортмассу, а также фитопатогенов. Коэффициент Серенсена (показатель β -разнообразия) указывает на высокое сходство комплексов в двух вариантах опыта.

Список литературы

1. Билай В. И. Микромицеты почвы. / В. И. Билай, И. А. Элланская, Т. С. Кириленко — Киев: Наукова думка, 1984. 264 с.
2. Звягинцев Д. Г. Биология почв. / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова — Москва: Академия, 2005. 445 с.
3. Мирчинк Т. Г. Почвенная микология. / Т. Г. Мирчинк — Москва: МГУ, 1988. 220 с.

Спектр кормовых растений инвазивных видов минирующих филлофагов рода *Phyllonorycter* Hübner, 1822 в условиях Беларуси и других регионов мира

Синчук О. В.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, aleh.sinchuk@gmail.com

Резюме. Среди инвазивных представителей рода *Phyllonorycter* на территории Беларуси отмечено два вида: липовая (*Ph. issikii* (Kumata, 1963)) и нижнесторонняя белоакациевая минирующая (*Ph. robiniella* (Clemens, 1859)) моли-пестрянки. Основной предпосылкой к их распространению на территории вторичного ареала выступает наличие кормовых растений. В условиях зеленых насаждений Беларуси личинки *Ph. issikii* питаются в листовых пластинках 8 видов и одной гибридной формы лип. Впервые в качестве кормового растения указывается *Tilia tuan* Szyszyl. Личинки *Ph. robiniella* питаются на двух видах и одной форме робиний.

Host plants of invasive species of leaf miners — phylophagous of genus *Phyllonorycter* Hübner, 1822 in Belarus and other regions of the world. Sinchuk A. V. **Summary.** There are two species of *Phyllonorycter* in Belarus: *Ph. issikii* (Kumata, 1963) and *Ph. robiniella* (Clemens, 1859). The main reason of their expansion in the territory of the secondary area is the existence of host plants. *Ph. issikii* larva feed upon leaves of 8 species and 1 hybrid form of linden in of green stands of Belarus. *Tilia tuan* Szyszyl. is mentioned as host plant for lime leafminer first. The nutrition of *Ph. robiniella* larvae is based on two species and one form of *Robinia*.

Число чужеродных видов наземных членистоногих, выявленных на территории Европы, во второй половине XX века экспоненциально увеличилось [1]. Многие из них оказывают серьезное влияние на экологическую ситуацию [2]. Среди инвазивных членистоногих особое место занимают фитофаги [1]. Многие из них попадают на новые территории с зараженным посадочным материалом [3], при перевозках [4] или самостоятельно расширяют свой ареал обитания [5].

Представители семейства Gracillariidae (Lepidoptera: Lithocolletinae) являются важной группой насекомых фитофагов, которая принадлежит к вредителям сельскохозяйственных культур, садов и декоративных древесных насаждений во всем мире [2,6]. В настоящее время отмечается значительное воздействие молей-пестрянок подсемейства Lithocolletinae на декоративные насаждения и садовые посадки. Многие из таких представителей распространились по значительной части вторичного ареала [2, 7]. Среди них: липовая моль-пестрянка (*Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963)), платановая моль-пестрянка (*Ph. platani* (Staudinger, 1870)), пиракантовая моль-пестрянка (*Ph. leucographella* (Zeller, 1850)), нижнесторонняя белоакациевая минирующая моль-пестрянка (*Ph. robiniella* (Clemens, 1859)), каштановая минирующая моль (*Cameraria ohridella* Deschka&Dimić, 1986) [7]. В Беларуси к числу опасных инвазивных видов рода *Phyllonorycter* принадлежат липовая и нижнесторонняя белоакациевая минирующая [8] моли-пестрянки. Основной предпосылкой к их распространению на территории вторичного ареала является наличие кормовых растений, которые могли бы быть использованы для развития личинок [9].

Липовая моль-пестрянка — вид дальневосточного происхождения [10]. В пределах естественного исторически сложившегося ареала липовая моль-пестрянка повреждает липы амурскую (*Tilia amurensis* Rupr.), Максимовича (*T. maximowicziana* Shiras.), японскую (*T. japonica* (Miq.) Simonk.), кюсийскую (Киуши, Киузиана) (*T. kiusiana* Makino et Shiras) и маньчжурскую (*T. mandshurica* Rupr. et Maxim.), а также березу японскую белую (*Betula platyphylla* Sukaczew) и дуб монгольский (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.) [10, 11, 12, 13]. Однако питание березой и дубом, по всей вероятности, указано ошибочно [14].

В условиях зеленых насаждений на территории Европы липовая моль-пестрянка питается на липах мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), крупнолистной (*T. platyphyllos* Scop.), американской (*T. americana* L.), войлочной (*T. tomentosa* Moench), европейской (*T. x europaea* L.), крымской (*T. x euchlora* C. Koch), монгольской (*T. mongolica* Maxim.), Таке (*T. taquetii* C. K. Schneid.) [15], опушенностолбиковой (*T. dasystyla* Steven) [16]. Предполагается, что вредитель способен повреждать все виды лип, произрастающие в Европе — как местные, так и интродуцированные [17].

В условиях Западной Сибири липовая моль-пестрянка отмечается на липах мелколистной, амурской и сибирской (*T. sibirica* Fasch.) [18]. В последнее время предложено вид *T. sibirica* считать синонимом вида *T. cordata* [19]. Однако, этот вид отличается от липы мелколистной по ряду морфологических характеристик листьев и пестиков [20]. Также, учитывая тот факт, что наблюдается дизъюнкция ареалов представителей рода Липа (*Tilia* L., Tiliaceae) [21], в нашей работе липа сибирская будет представлена как отдельный вид. Питание личинок *Ph. issikii* на березе и дубе на территории Европы и Западной Сибири не отмечено.

В условиях Беларуси липовая моль-пестрянка успешно развивается на аборигенной липе мелколистной (*T. cordata*), которая широко представлена в естественных лесных массивах и зеленых насаждениях населенных пунктов. Среди интродуцированных видов повреждаются липы крупнолистная (*T. platyphyllos*), американская (*T. americana*), туань (*T. tuan* Szyszyl.), Таке (*T. taquetii*), японская (*T. japonica*), маньчжурская (*T. mandshurica*) и войлочная (*T. tomentosa*), а также гибридная разрезнолистная форма липы европейской (*T. x europaea* f. *laciniata* (Court.) Ig. Vassil.). Повреждения представителей рода *Betula* L. и иных таксонов не отмечены.

Кроме того, в зеленых насаждениях страны культивируются также липы каролинская (*T. caroliniana* Mill.), раскидистая (*T. divaricata* Ig. Vassil.), крымская (*T. x euchlora* C. Koch), разнолистная (*T. heterophylla* Vent.), Комарова (*T. komarovi* Ig. Vassil.), Мольтке (*T. x moltkei* Spaeth), Ледебуря (*T. ledebourii* Borbas) [22], кавказская (*T. caucasica* Rupr.), ранняя (*T. x carlsruhensis* Simonk), опушенностолбиковая (*T. dasystyla* Stev.), островная (*T. insularis* Nakai), монгольская (*T. mongolica* Maxim.), западная (*T. occidentalis* Rose), длинночерешковая (*T. petilaris* DC.), сибирская (*T. sibirica* Bayer) [23], неравная разновидность липы войлочной (*T. tomentosa* var. *inaequalis* Simonk), крупнолистная (*T. americana* f. *macrophylla* (Bayer) V. Engl.) [22], рыхлоцветковая (*T. americana* f. *laxiflora* (Spach) V. Engl.) формы липы американской [24], равновершинная (*T. cordata* f. *fastigiata*), повислая (*T. cordata* f. *pendula* (Baissn., Schelleet Zbl.) Ig. Vassil.) формы липы мелколистной, малая (*T. x europaea* f. *minuta* (Wagn.) Ig. Vassil.), виноградолистная (*T. x europaea* f. *vitivolia*), бледная (*Tilia* x *europaea* f. *pallida*), вратиславская (*Tilia* x *europaea* f. *wratislaviensis*) формы липы европейской, ранняя (*T. platyphyllos* f. *praecox* (A. Br.) Ig. Vassil.), косая (*T. platyphyllos* f. *obliqua* (Opiz) Ig. Vassil.) формы липы крупнолистной [22], в листьях которых могут развиваться личинки липовой моли — пестрянки.

Личинки нижнесторонней белоакациевой минирующей моли-пестрянки в естественных исторически сложившихся условиях обитания (Северная Америка) отмечаются на робиниях обыкновенной (*R. pseudoacacia*) [25], щетинистоволосой (*Robinia hispida* L.), клейкой (*Robinia viscosa* Vent) [26]. В зеленых насаждениях Европы *Ph. robiniella* отмечается на трех видах робиний: щетинистоволосой (*R. hispida*), новомексиканской (*R. neomexicana* Gray), обыкновенной (*R. pseudoacacia*) и на бабовнике анагириolistном (*Laburnumanagyroides* Medik.) [27].

В условиях Беларуси *Ph. robiniella* зарегистрирована на двух видах робиний: обыкновенной (*R. pseudoacacia*), щетинистоволосой (*R. hispida*) и плакучей форме робинии обыкновенной (*R. pseudoacacia* f. *pendula* (Loud.) Rehd.). Также в условиях страны произрастают робинии пыш-

ная (*R. luxurians* (Dieck) C. K. Schneid) [22], новомексиканская (*R. neomexicana*), клейкая (*R. viscosa* Vent.), однолисточковая (*R. pseudoacacia* f. *unifolia* (Talou) Rehd. [23]), бесколючковая (*R. pseudoacacia* f. *inermis* (Mirb.) Rehd.), клинообразноколючковая (*R. pseudoacacia* f. *cuneata*), сосочкоколючковая (*R. pseudoacacia* f. *papillate*), аморфолистная (*R. pseudoacacia* f. *amorphaefolia* (Loud.), Rehd.), мелколисточковая (*R. pseudoacacia* f. *microphilla* C. Koch), пирамидальная (*R. pseudoacacia* f. *pyramidalis* (Pepin) Rehd.), (*R. pseudoacacia* f. *umbraculifera* (DC.) Rehd.) [22] формы робинии обыкновенной, которые могут быть перспективными для развития личинок. Кроме того, в качестве кормового растения может быть использован бобовник анагиролистный.

Таким образом, на территориях естественно исторически сложившегося и вторичного ареалов для липовой моли-пестрянки отмечается развитие личинок на 14 видах, 2 видах гибридного происхождения и одной форме липы, для нижнесторонней белоакациевой минирующей моли-пестрянки — 4 видах и одной форме робиний, а также на бобовнике анагиролистном. У *Ph. issikii* в условиях Беларуси отмечено питание на 8 видах и одной форме лип. Впервые в качестве кормового растения указывается *T. tuan*. Перспективными для заселения липовой молю-пестрянкой являются еще 13 видов, 2 вида гибридного происхождения, одна разновидность и 11 форм лип. *Ph. robiniella* в условиях страны питаются на двух видах и одной форме робиний, перспективными для развития личинок являются 3 вида и 8 форм робиний, а также один вид бобовника.

Список литературы

1. Roques, A. Taxonomy, time and geographic patterns. Chapter 2 / A. Roques // BioRisk. — 2010. — Vol. 4, n. 2. — P. 11–26.
2. Lepidoptera. Chapter 11 / C. Lopez-Vaamonde [et al.] // BioRisk. — 2010. — Vol. 4, n. 2. — P. 603–668.
3. Ecological effects of invasive alien insects / M. Kenis [et al.] // Biological Invasions. — 2009. — Vol. 1, n. 1. — P. 21–45.
4. The box tree moth, *Cydalima perspectalis*, in Europe: horticultural pest or environmental disaster? / M. Kenis [et al.] // Aliens. — 2013. — Vol. 33. — P. 38–41.
5. Meng, P. S. Asian Longhorned Beetle (Coleoptera: Cerambycidae), an introduced pest of maple and other hardwood trees in North America and Europe / P. S. Meng, K. Hoover, M. A. Keena // Journal of Integrated Pest Management. — 2015. — Vol. 6, n. 1. — P. 1–13.
6. Šefrová H. *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963)—bionomics, ecological impact and spread in Europe (Lepidoptera, Gracillariidae) / H. Šefrová // Acta Univ. Agric. Silvicult. Mendel. Brunen. — 2002. — Vol. 50. — P. 99–104.
7. Šefrová H. Invasions of Lithocolletinae species in Europe — causes, kinds, limits and ecological impact (Lepidoptera, Gracillariidae) / H. Šefrová // Ekologia Bratislava. — Vol. 22, n. 2. — P. 132–142.
8. Черная книга инвазивных видов животных Беларуси / А. В. Алехнович [и др.]; под общ. ред. В. П. Семенченко. — Минск: Беларуская навука, 2016. — 105 с.
9. Масляков, В. Ю. Инвазии растительноядных насекомых в европейскую часть России / В. Ю. Масляков, С. С. Ижевский. — М.: ИГРАН, 2011. — 272 с.
10. Kumata, T. Taxonomic studies on the Lithocolletinae of Japan (Lepidoptera: Gracillariidae). Part. I. / T. Kumata // InsectaMatsumurana. — 1963. — Vol. 25, n. 2. — P. 53–90.
11. Kumata, T. Some Korean species of the subfamily Lithocolletinae (Gracillariidae, Lepidoptera) / T. Kumata, H. Kuroko, K. T. Park // Korean Journal of Plant Protection. — 1983. — Vol. 22, n. 3. — P. 213–227.
12. Ермолаев, В. П. Эколого-фаунистический обзор минирующих молей-пестрянок (Lepidoptera, Gracillariidae) Южного Приморья / В. П. Ермолаев // Фауна насекомых Дальнего Востока: сборник статей. — 1977. — Т. 70. — С. 98–116.
13. Kamijo, K. A revision of *Citostichus* and *Mischotetrastichus* (Hymenoptera: Eulophidae), with descriptions of a new genus and new species / K. Kamijo, E. Ikeda // Japanese Journal of Entomology. — 1997. — Vol. 65, n. 3. — P. 562–582.

14. Ермолаев, И. В. История, скорость и факторы инвазии липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera, Gracillariidae) в Евразии / И. В. Ермолаев, Е. А. Рублёва // Российский журнал биологических инвазий. — 2017. — № 1. — С. 2–19.
15. Ермолаев, И. В. О трофической специализации липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963) (Lepidoptera: Gracillariidae) / И. В. Ермолаев // Вестник Удмуртского университета. Биология. Наука о Земле. — 2016. — Т. 26, вып. 4. — С. 60–68.
16. From east to west across the Palearctic: Phylogeography of the invasive lime leaf miner *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera: Gracillariidae) and discovery of a putative new cryptic species in East Asia / N. Kirichenko [et al.] // PLoS ONE. — 2017. — Vol. 12, n. 2.
17. Lehmann, M. Recent situation of the invasion by *Phyllonorycter issikii* in Brandenburg / M. Lehmann, A. Stuebner // *Cameraria ohridella* and other invasive leaf-miners in Europe: Abstracts of the 1st International *Cameraria* Symposium, Prague, March 24–27, 2004 / Department of Natural Products Institute of Organic Chemistry and Biochemistry ASCR; ed. M. Hoskovec. — Prague, 2004. — P. 26.
18. Кириченко, Н. И. Липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* в Западной Сибири: некоторые экологические характеристики популяции недавнего инвайдера / Н. И. Кириченко // Сибирский экологический журнал. — 2013. — Т. 6. — С. 813–822.
19. Коропочинский, Ю. И. Древесные растения Азиатской России. — Ю. И. Коропочинский, Т. Н. Встовская. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. — 707 с.
20. Хлонов, Ю. П. Липы и липняки Западной Сибири / Ю. П. Хлонов. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1965. — 153 с.
21. Dubatolov, V. V. Nemoral species of Lepidoptera (Insecta) in Siberia: a novel view on their history and the timing of their range disjunctions / V. V. Dubatolov, O. E. Kosterin // *Entomologica Fennica*. — 2000. — Vol. 11, n. 3. — P. 141–166.
22. Федорук, А. Т. Опыт интродукции древесных листовых растений в Белоруссии / А. Т. Федорук. — Мн.: Университетское, 1985. — 160 с.
23. Древесные растения Центрального ботанического сада АН БССР / Е. З. Боборенко [и др.]; под ред. Н. Д. Нестеровича. — Мн.: Наука и техника, 1982. — 293 с.
24. Федорук А. Т. Интродуцированные деревья и кустарники западной части Белоруссии / А. Т. Федорук. — Минск: БГУим. В. И. Ленина, 1972. — 192 с.
25. Clemens, B. Contribution to American Lepidopterology. N 2 / B. Clemens // *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. — 1859. — Vol. 11. — P. 317–328.
26. Chambers, V. T. Art. IV. Tineina and their foodplants / V. T. Chambers // *Bulletin of the United States Geological and Geographical Survey of the Territories*. — 1878. — Vol. 4. — P. 107–124.
27. Sefrová, H. Minující druhy řádu Lepidoptera nadřevinách arboreta MZLU v Brně — druhové složení, původ a vliv na zdravotní stav dřevin / H. Sefrová // *Sborník Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně*. — 2005. — Ročník. 53, Číslo. 2. — S. 133–142.

Эффективность применения биопрепаратов на розах

Степанова Е. А.

Воронежский ГАУ им. императора Петра I, г. Воронеж, РФ, agro@expo.vsau.ru

Резюме. В условиях Воронежской области наиболее распространенными заболеваниями садовых роз являются мучнистая роса, черная пятнистость, ложная мучнистая роса, септориоз листьев. Приведена схема по внесению органических и минеральных удобрений, а так же схема с биопрепаратами с целью повышения иммунитета растений.

The efficiency of biopreparations application on roses. Stepanova E. A. Ботанические сады России расположены в различных эколого-географических зонах и играют важную роль в эстетическом развитии общества. Видовое и сортовое разнообразие, а так же коллекционный фонд позволяют грамотно составить систематические, ботанико-географические и экологические их группировки. Основное направление деятельности ботанических садов заключается в том, что они изучают флору и растительность дикой природы и культурных форм, ведут работы по интродукции, т. е. по испытанию, акклиматизации наиболее ценных растений включая и розы. Главной целью ботанических садов является создание и содержание на научной основе экспозиций и коллекций живых растений, а также распространение среди широких слоев населения знаний о растительном мире и способах практического использования полезных для человека растений. Ботанические сады призваны служить образцами ландшафтной архитектуры и садово-паркового искусства, а также местом для здорового и культурного отдыха населения, пробуждая в нём любовь и интерес к природе [1].

Возникает проблема в связи с тем, что ботанические сады размещаются преимущественно в городах и пригородах: воздействие неблагоприятных экологических факторов, загрязнение воздушного бассейна и водотоков, шумовое загрязнение, рекреационная перегрузка и др. Проблема при этом обостряется вследствие зачастую повышенной чувствительностью коллекций растений к факторам негативных внешних воздействий в сравнении с местной растительностью. Деградация растительного покрова, загрязнение водных объектов, подтопление территории. Особенно сильно на экологическое состояние садов и парков влияют химическое и шумовое загрязнения среды, вызванные прохождением в непосредственной близости от их территории автомагистралей, что наиболее характерно для садов, расположенных в крупных городах. Из-за такой негативной ситуации иммунитет растений сильно ослабевает, они чаще подвергаются проникновению различных патогенов, что увеличивает потребность в защите растений. Но так же возникает проблема из-за применения химических средств защиты, так как ботанические сады находятся (в основном) в черте города, то необходимо снизить до минимума применение пестицидов [4].

Выбор средств и методов защиты растений в ботанических садах требуют индивидуально-го подхода, так как каждый ботанический сад является единственным в своем роде по составу коллекции, условиям культивирования растений, по местоположению [3].

Учитывая природоохранный аспект деятельности ботанических садов, защита коллекционных видов должна строиться преимущественно на экологически безопасных методах. Привлекая ботанический сад к заповеднику, мы должны применять только те средства защиты,

которые позволят сохранить коллекционные растения в первозданном состоянии. Ботанические сады — это место проведения экскурсий, которые совершаются регулярно в течение всего года. Поэтому применение пестицидов хотя и допускается, но лимитировано во времени и по спектру используемых препаратов [1].

Механический метод безопасен для посетителей и работающего персонала, но трудоемкий и малоэффективный.

Наиболее приемлемым является биометод, который даст долгосрочный защитный эффект в системе ботанического сада в том случае, если будет регулярно применяться [4].

На территории ботанических садов им. Б. А. Келлера (ВГАУ) и Б. М. Козо-Полянского (ВГУ) (г. Воронеж) изучались условия выращивания роз, агротехника и проводились наблюдения по выявлению наиболее вредоносных заболеваний садовых роз и подбор биопрепаратов для улучшения иммунитета растений. Роза — королева цветов, и конечно в каждом ботаническом саду она является украшением. Но к сожалению, при неблагоприятных условиях она становится уязвима к патогенам. Степень поражения растений определяли стационарно, глазомерным методом по бальной шкале. А также пораженные фрагменты растений закладывали в влажную камеру и с помощью электронного микроскопа выявляли патоген.

На территории ботанического сада Б. М. Козо-Полянского, на период 2016 г. в сроках с 03.05. по 04.10., агротехнические мероприятия, такие как подкормки удобрениями, обработки фунгицидами, инсектицидами, применение регуляторов роста, не проводились. Совершалась только прополка и полив растений. Экологическая обстановка так же не совсем благоприятная: около ботанического сада проходит трасса и идут строительные работы. А это значит, в воде и почве накапливаются оксиды азота, бензол, угарный газ, оксиды серы, соединения хлора и тяжелые металлы (свинец, медь, ртуть, кобальт). В таких условиях иммунитет растений заметно ослаблен. Нами определены такие заболевания как:

1. Ложная мучнистая роса (возбудитель — гриб *Pseudoperonospora sparsa*).
2. Мучнистая роса (возбудитель — гриб *Sphaerotheca pannosa*).
3. Септориоз листьев (возбудитель — гриб рода *Septoria*).
4. Черная пятнистость (возбудитель — гриб *Marssonina rosae*), проявляется на ослабленных растениях [2].

Розы в условиях ботанического сада Б. А. Келлера выращивались при таких же климатических условиях и экологической обстановкой. Однако здесь применены все необходимые мероприятия по уходу за розами: подкормки, обработка инсектицидами, удаление сорной растительности, своевременный и умеренный полив, фитосанитарная обрезка (табл. 2, 3).

Состояние сортов чайно-гибридной группы в целом характеризовалось неплохо, однако следует отметить сорт Шери Бенди, который проявил чувствительность к мучнистой росе (3 балла), и черной пятнистости (1 балл). Сорт Лаври Рет поражается мучнистой росой на 2 балла, а к черной пятнистости проявил высокую устойчивость (0,5 баллов).

Применение биокомплекса БТУ и Азотовита способствовали повышению иммунитета роз к комплексу болезней грибного происхождения (табл. 4, 5). Состояния роз без применения органического и минерального питания привело розы к ослаблению (рис. 2). Розы выглядят слабыми, бутонов очень мало, листва не густо расположена, из табл. 1 видно, что поражаемость грибными заболеваниями велика. На одном растении диагностировали сразу несколько патогенов. На рис. 1 видно, что розы с применением минерального и органического питания выглядят здоровыми, обильное цветение, растения были поражены черной пятнистостью и мучнистой росой (табл. 3). По срокам, распространение черной пятнистости пришлось на конец июля, а в розарии без применения минерального и органического питания, патогены стали проявляться на растениях уже в середине июня. Розы с применением биопрепаратов были здоровы, обильно цвели, и наблюдалось незначительное проявление патогенов (табл. 5).

Таблица 1

Поражаемость (в баллах) садовых роз в условиях ботанического сада ВГУ М. Б. Козо-Полянского

Группа	Сорт	Мучнистая роса	Ложная мучнистая роса	Черная пятнистость	Септориоз листьев
Флорибунда	Белла роза	0	0	0,5	1
	Сантенер де Лурд	0	1,3	0,5	1
	Чарлстон	0	1	1	3,3
	Фламинго	3	0	4	0
	Ред Велвет	0	0,4	2,1	0
Чайно-гибридные	Баккара	1	0	2,8	0

Таблица 2

Мероприятия по удобрению роз без применения биокомплекса БТУ и Азотовит

Очередность подкормок	Фаза развития растений	Минеральная подкормка	Органическая подкормка
Первая	Ранняя весна — после весенней обрезки, набухание почек	25–30 г/кв. м аммиачной селитры	100 г птичьего помета на куст
Вторая	Через 10–15 дней после первой подкормки. Начало роста побегов	10–15 г аммиачной селитры, 25–30 г суперфосфата	3–5 л настоя коровяка. (1 часть коровяка разводили в 8–10 частей воды, настаивали 5–8 дней, перед применением разбавляли наполовину).
Третья	Период бутонизации	30–40 г суперфосфата, 10–15 г калийной соли на кв. м	3–5 л настоя коровяка
Четвертая	После первого цветения	10–15 г аммиачной селитры, 30–40 г суперфосфата, 15–20 г калийной соли на кв. м	несколько горстей компоста
Пятая	После второго цветения	40–50 г суперфосфата, 15–20 г калийной соли на кв. м	50–100 г золы

Таблица 3

Поражаемость заболеваниями садовых роз в условиях ботанического сада Б. А. Келлера

Группа	Сорт	Мучнистая роса	Ложная мучнистая роса	Черная пятнистость	Септориоз листьев
Чайно-гибридные	АнгажиМент	0	0	0,5	0
	ШериБенди	0	3	1	0
	ЛавриРет	2	0	0,5	0
	Линке	0	0	0,5	0
	Анастасия	0	0		0
	ГлоорияДей	0	0	1	0

Таблица 4

Мероприятия по удобрению роз с применением биокомплекса БТУ и Азотовита с целью повышения иммунитета

Очередность подкормок	Фаза развития растений	Минеральная подкормка	Органическая подкормка
Первая	Ранняя весна — после весенней обрезки, набухание почек	25–30 г/кв. м аммиачной селитры	–
Вторая	Период вегетации	биокомплекс БТУ 15 мл/10 л воды, полив	–
Третья	Период бутонизации	15–20 г аммиачной селитры, 30–40 г суперфосфата, 10–15 г калийной соли на кв. м	3–5 л настоя коровяка
Четвертая	После первого цветения	10–15 г аммиачной селитры, 30–40 г суперфосфата	несколько горстей компоста
Пятая	После второго цветения	Азотовит 5 — мл / 100 л воды Подкормка путем полива под корень 1 л/м ²	–

Таблица 5

Результаты применения биопрепаратов на территории ботанического сада Б. А. Келлера

Группа	Сорт	Мучнистая роса	Ложная мучнистая роса	Черная пятнистость	Септориоз листьев
Флорибунда	Маскарад	0	0	0	0
Миниатюрные розы	Мосдарг	0	0	0	0
	Гранатовый браслет	0	0	0	0
Чайно-гибридные	Винер Чарм	0	0	1	0



Рис. 1. Ботанический сад имени Б. А. Келлера



Рис. 2. Ботанический сад имени М. Б. Козо-Полянского

Список литературы

1. Астров А. В. Ботанические сады центральной Европы. М.: Наука, 1976. -120 с.
2. Горленко М. В. Сельскохозяйственная фитопатология 3-е изд. перераб. и доп. — М, Колос, 1997 — 441 с.
3. Плотников В. В. Защита растений. 3-е изд. — М.: Колос, 1998. — 138 с.
4. Минеев В. Г. Агрехимия и биосфера. М.: Колос, 1984. — 245 с.

Грибы, ассоциированные с Гинкго билоба, в Национальном ботаническом саду Грузии

Таварткиладзе К. Г.¹, Чургулия-Шургая М. М.²

¹ Национальный ботанический сад Грузии, Тбилиси, Грузия, Ketevan.tavartkiladze@mail.ru

² Сухумский государственный университет, Тбилиси, Грузия, mchurgulia@mail.ru

Резюме. В статье приведены данные о микромицетах, которые впервые выявлены на Гинкго двуплодном (*Camarosporium* sp., *Diplodia thujae*, *Hendersonia pulchella*, *Hendersonia* sp., *Macrophoma* sp., *Microsphaeropsis olivacea*, *Phoma* sp., *Phyllosticta ginkgo*, *Pleospora herbarum*, *Pleurophoma pleurospora*) в Национальном ботаническом саду Грузии.

Fungi associated with Ginkgo biloba in National Botanical Garden of Georgia. Tavartkiladze K., Churgulia-Shurgaia M. **Summary.** The paper deals with the new data concerning microfungi on Ginkgo biloba (*Camarosporium* sp., *Diplodia thujae*, *Hendersonia pulchella*, *Hendersonia* sp., *Macrophoma* sp., *Microsphaeropsis olivacea*, *Phoma* sp., *Phyllosticta ginkgo*, *Pleospora herbarum*, *Pleurophoma pleurospora*) in National Botanical Garden of Georgia. It is interesting that the fungi (about 15 species) associated with Ginkgo, except *Phyllosticta ginkgo* that were revealed in the Botanical Garden have not been observed on this plant in other countries. So we can assume that these fungi species got on the plant from the local plants. It is noticeable that the species of micromycete fungi that refer to different genera of imperfect fungi do not cause any negative impact. Thus, the formation process of Ginkgo mycobiota is quite specific and practically passes at the expense of the local representatives of fungi among which some occasional cosmopolitan species may occur.

Гинкго — уникальное и интересное растение не только потому, что является единственным представителем голосеменных, класса Ginkgopsida в современной флоре, но и тем, что практически устойчив, обладает иммунитетом от насекомых, бактерий и грибов [1]. Помимо выше сказанного, гинкго отличается резистентностью к вредным примесям воздуха и поэтому широко используется в городских парках и садах [2]. В природе встречается в Восточном Китае и Японии на территории культовых строений. В культуре распространён во многих странах мира.

В Грузию завезён в XIX веке на побережье Черного моря. Особенно хорошо произрастает в Колхети, где достигает гигантских размеров. Растёт и в Восточной Грузии, в частности в Тбилисском Ботаническом саду и в университетском саду.

В Национальном ботаническом саду Грузии нами выявлено 9 видов микромицетов, а *Phyllosticta ginkgo* в саду обнаружен в 1928 г. [3], который позднее не был замечен.

Исследуемый материал собран в Национальном ботаническом саду в 2000–2012 гг. Идентификация грибов проводилась на собранном материале методом микроскопирования на базе макро — и микроморфологических признаков. На образцах (ветвях, листьях, плодах, корнях) идентификация проводилась на основе микроскопирования. Препараты помещались в водопроводную воду, что, как известно, методически оправдано. При исследовании пользовались специальными методическими источниками [4, 5].

В процессе идентификации наряду с классическими (Saccardo, 1882–1931; Diedicke, 1915; Grove, 1935, 1937), использовали и современные определители грибов (Ellis, 1971, 1976; Ellis, Ellis, 1985; Melnik, Popushoi, 1992; Sutton, 1975, 1980; Sivanesan, 1984; Визначник, 1971 и др.).

В настоящем сообщении приводятся краткие сведения о грибах, которые отмечаются впервые для микобиоты Грузии и не были известны на данном растении. Данные представляют интерес и с точки зрения изучения биоразнообразия грибов, а также оценки их значения для жизнедеятельности растения-хозяина. Видовой состав грибов на Гинкго билоба до настоящего времени не являлся предметом специального исследования.

Ниже приводятся микромицеты, которые выявлены на Гинкго двулопастном в НБС:

Camarosporium sp. (3–4 septata, конидии 12,5–20×6,2–9 µm.)

Diplodia thujae Otth. [6]. Syn.: *D. ottiana* Allesch.

Hendersonia pulchella Sacc. [6, 7].

Hendersonia sp. (конидии 12,5–20×3,7–5 µm.)

Macrophoma sp. (конидии 21–31,2×7.5–8,7 µm.)

Microsphaeropsis olivacea (Bonord.) Höhn. [8, 9]. Syn.: *Coniothyrium olivaceum* Bonord. [10, 8]. В Национальном ботаническом саду Грузии *M. olivacea* выявлен на 34 видах древесных растений.

Phoma sp.

Phyllosticta ginkgo Brunaud [10, 3, 11].

Pleospora herbarum (Pers.) Rabenh. [10, 12]. Basionym: *Sphaeria herbarum* Pers. *Pleospora herbarum* является видом из семейства Pleosporaceae. Поражает многие растения, в том числе: томаты, цитрусы, яблони, и др.

Pleurophoma pleurospora (Sacc.) Höhn. [8]. Syn.: *Dendrophoma pleurospora* Sacc. [6], *Dinemasporium pleurospora* (Sacc.) Shkarupa [13]. *Dinemasporium pleurospora* встречается на засохших ветвях различных растений. В ботаническом саду отмечены на следующих растениях: айве японской (*Chaenomeles japonica*), *Grewia biloba*, Керии японской (*Kerria japonica*), Олеандре (*Nerium oleander*), Клекачке обыкновенной (*Staphylea pinnata*), Тисе ягодном (*Taxus baccata*), Юкке славной (*Yucca gloriosa*).

Интересно отметить, что грибы, выявленные в Ботаническом саду на Гинкго, кроме *Phyllosticta ginkgo*, среди известных грибов на этом растении (до 15 видов), не указаны в других странах [14], что даёт нам возможность утверждать, что они попали на Гинкго от местных растений. По нашим наблюдениям, данные виды микромицетов, которые относятся к разным родам несовершенных и сумчатых грибов, не оказывают отрицательного эффекта на данное растение. Поэтому процесс формирования микобиоты Гинкго своеобразен и протекает за счёт грибов местного происхождения. Хотя, возможно среди них встречаются завезенные космополитные виды.

Из выше указанных микромицетов 8 относится к несовершенным грибам, 2 — к аскомицетам.

Список литературы

1. Adams F., Evans. C.E. A rapid method for measuring lime requirement of red-yellow podzolic soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 1962. 26:355–357.
2. Raven P. H., Evert R. F., Eichhorn S. E. Biology of plants. 4th ed. Worth publishers, New York, 1986.
3. Канчавели Л. А., Мелия М. Неизвестные представители рода *Phyllosticta* для микофлоры Грузии. Тр. Института Защиты Растения. Тб. 1950, 233–242. (на Грузинском).
4. Hawksworth D. L., Kirk P. M., Sutton B. C., Pegler D. N. Dictionary of the fungi. Eight Edition, Cab International, London, 1996.
5. Хохлаков М. К. Методические указания по экспериментальному изучению фитопатогенных грибов. Л., 1969.
6. Grove W. B. British stem — and leaf-fungi (Coleomycetes). 1,2. Cambridge Univ. Press. 1935,132;1937,3.
7. Визначник грибов Украины. Несовершенные грибы. Киев, 1971 (на Укр.).

8. Sutton M. C. The Coleomycetes. Fungi imperfecti with conidia, acervuli and stromata. SMI, Kew, Surrey, England. 1980, 398, 425.
9. Ellis M. B., Ellis M. J. P. Microfungi on land plants. Croom Helm, London, Sydney, 1985, 67.
10. Saccardo P. A. Sylloge fungorum, 1884, 305; 1931, 3.
11. Нахуцришвили И. Г. Флора споровых растений Грузии. Тбилиси, 1986. (На Грузинском).
12. Sivanesan A. The bitunicate Ascomycetes and their anamorphs. J. Gramer. 1984.
13. Шкарупа, Новости Систематики Низших Растений. 17:108, 1980.
14. Farr D. F., Bills G. F., Chamuris G. P., Rossman A. Y. Fungi on plants and plant products in the United States. APS Press, St Paul, Minnesota, 1989.

Эффективность применения фунгицидов в защите конского каштана обыкновенного от бурой пятнистости листьев

**Тимофеева В. А., Головченко Л. А.,
Войнило Н. В., Линник Л. И.**

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
L.Golovchenko@cbg.org.by

Резюме. В статье приведены результаты изучения эффективности применения фунгицидов в защите конского каштана обыкновенного от бурой пятнистости листьев (*Phyllosticta paviae* Desm.). Показано, что двукратное применение фунгицидов Раёк, КЭ, Лаэрт, КЭ, Колосаль Про, КМЭ, Байфуцид, КЭ, Лабрадор, КЭ, Оптимо, КЭ приводит к снижению развития болезни на 52,6–64,8%; а также повышению декоративных качеств растений.

Efficacy of foliage fungicides against horsechestnut leaf blotch (*Phyllosticta paviae* Desm.). Timofeeva V. A., Golovchenko L. A., Voinilo N. V., Linnik L. I. **Summary.** The article presents the results of the study of foliage fungicides efficacy against horsechestnut leaf blotch (*Phyllosticta paviae* Desm.). It was shown that two-fold application of foliage fungicides Rayok, EC, Laert, EC, Kolosal Pro, MEC, Bayfutsid, EC, Labrador, EC, Optimo, EC provides horsechestnut leaf blotch decrease up to 64,8%, and leads to increase in the decorative qualities of plants.

Конский каштан обыкновенный как декоративное растение используется в Европе с 16 века. В городских насаждениях Республики Беларусь конский каштан занимает значительные площади, посадочный материал выращивается во всех питомниках. В 2010–2016 гг. лабораторией защиты растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси проведены обследования фитосанитарного состояния посадочного материала конского каштана обыкновенного в питомниках, растений в городских насаждениях республики. Отмечено значительное ухудшение состояния растений, как при выращивании в питомниках, так и в городских насаждениях республики. Ежегодно наблюдается эпифитотийное развитие бурой пятнистости на сеянцах и саженцах конского каштана в питомниках всех областей: распространенность филлостиктоза достигает 100%, а развитие болезни колеблется в пределах 30–90%. В городских насаждениях пока отмечается депрессивное или умеренное развитие болезни [1]. Поражаемые виды растений в Беларуси — конский каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum*), конский каштан мясо-красный (*Aesculus xcarnea*).

Возбудитель бурой пятнистости листьев (филлостиктоза) конского каштана — инвазивный вид *Phyllosticta paviae* Desm. Заболевание впервые обнаружено в Северной Америке. В конце 20 века завезено с посадочным материалом в Великобританию, а затем распространилось во все страны Западной Европы [2]. На краях листьев весной появляются бурые, красно-коричневые расплывчатые пятна, размеры которых варьируют от мелких, расположенных между отдельными жилками, до крупных, которые часто сливаются между собой и покрывают значительную часть листа. Пораженные листья принимают деформированный вид, искривляются и скручиваются. Некроз листовых пластинок приводит к уменьшению площади ассимиляцион-

ной поверхности, ослаблению растений, преждевременному листопаду, снижению их декоративных качеств. Мицелий из листьев часто переходит на черешки, а при сильном развитии и на формирующиеся плоды. Пораженные участки на этих частях растения обычно мелкие, имеют вид красновато-коричневых пятен, на черешках пятна удлиненные. На верхней стороне листа в некротических тканях быстро формируются пикниды гриба, округлой формы, темноокрашенные. В них формируются конидии, которые осуществляют вторичное заражение листьев на протяжении всего вегетационного периода. Гриб зимует на опавших листьях.

Сеянцы и саженцы каштана относятся к возрастным группам растений, наиболее восприимчивым к болезни. Растения каштана в первые годы после посева характеризуются медленным ростом. В связи с этим на первых этапах развития растений необходима эффективная защита сеянцев и саженцев от поражения болезнями. Своевременная обработка растений эффективными фунгицидами позволяет сохранить здоровые листья на растениях, что способствует нормальному фотосинтезу, росту и развитию растений. С целью сохранения декоративных качеств растений и получения стандартного посадочного материала в производственных питомниках необходимо обязательное проведение мероприятий по защите растений. В «Государственном реестре средств защиты растений...» обозначен небольшой ассортимент препаратов, разрешенных для применения на декоративных культурах [3]. В связи с этим необходимо расширение ассортимента препаратов для защиты растений каштана от болезней. Причем их использование необходимо на всех фазах выращивания растений, начиная с защиты посевного и посадочного материала. Выращивание здорового посадочного материала каштана в питомниках позволит улучшить фитосанитарную обстановку в городских фитоценозах.

Целью наших исследований было изучение эффективности применения фунгицидов в защите конского каштана от бурой пятнистости листьев.

Испытание эффективности применения препаратов проведено в посевном отделении питомника «Бровки» УП «Минскзеленстрой» в условиях полевого мелко-деляночного опыта на естественном инфекционном фоне. Проведены испытания эффективности 14 фунгицидов: Азофос, 65% пс. (аммоний-медь-фосфат); Байфуцид, КЭ (дифеноконазол, 250 г/л); Делан, ВГ (дитианон, 700 г/кг); Колосаль-Про, КЭ (тебуконазол, 250 г/л); Лабрадор (тебуконазол, 167 г/л + триадименол, 43 г/л + спироксамин, 250 г/л); Лаэрт, КЭ (пропиконазол, 250 г/л, ципроконазол, 80 г/л); Оптимо, КЭ (пираклостробин, 200 г/л); Раёк, КЭ (дифеноконазол, 250 г/л); Скор, КЭ (дифеноконазол, 250 г/л); Строби, ВГ (крезоксим-метил, 500 г/кг); Терсел, ВДГ (пираклостробин, 40 г/кг + дитианон, 120 г/кг); Тилт, КЭ (пропиконазол, 250 г/л); Фалькон, КЭ (тебуконазол, 167 г/л + триадименол, 43 г/л + спироксамин, 250 г/л); Эхион, КЭ (пропиконазол, 250 г/л).

Испытания, наблюдения и учеты проведены в соответствии с методическими указаниями по регистрационным испытаниям фунгицидов [4]. Опыты выполнены в 4-кратном повторении, площадь каждого повторения 10 м². Посадочный материал — двухлетние сеянцы каштана, способ посадки — по 10 растений в ряд на гряде (ширина гряды — 1,2 м, междурядья — 20 см). Препараты испытывали в максимальных зарегистрированных на других культурах нормах расхода. В 2012 г. проведена однократная, а в 2013 г. — двукратная опрыскивание растений фунгицидами. Первая обработка (опрыскивание) сеянцев каштана фунгицидами проведена при появлении первых признаков болезни, вторая — через 10 дней. Учеты развития болезни проведены через 2 недели после второй обработки. Результаты опытов обработаны с помощью статистического пакета Statistica 6.0 [5].

Результаты оценки эффективности применения фунгицидов в защите конского каштана от бурой пятнистости листьев представлены в табл. 1. В вегетационных условиях 2012 г. первые признаки болезни на сеянцах каштана появились в начале июня, когда и была проведена обработка растений фунгицидами. В варианте без применения фунгицидов (контроль) развитие болезни было умеренным: достигло 37,5% при распространенности 53,4%. Через 2 недели после применения препаратов развитие болезни в вариантах применения фунгицидов составило 8,7–29,8% при распространенности 17,2–39,8%. Биологическая эффективность однократного применения фунгицидов составила от 20,5 до 76,8%. Наиболее эффективным было опрыскивание

растений следующими фунгицидами (в порядке снижения эффективности): Скор, Раёк, Байфуцид, Лаэрт, Оптим, Лабрадор (эффективность 62,9–76,8%). Неэффективным оказалось применение фунгицидов Терсел, Делан, Азофос (эффективность 20,5–25,9%).

Погодные условия 2013 г. способствовали эпифитотийному развитию бурой пятнистости — в варианте без обработки (контроле) развитие болезни достигло 89,5%, при распространённости 100%. В связи с этим была проведена двукратная обработка растений фунгицидами, которая позволила сдержать развитие болезни, однако эффективность применения препаратов была ниже, чем в 2012 г. Биологическая эффективность двукратного применения фунгицидов (при эпифитотии) составила от 12,5 до 64,8%. Наиболее эффективным было опрыскивание растений следующими фунгицидами (в порядке снижения эффективности): Раёк, Лаэрт, Колосаль Про, Байфуцид, Лабрадор, Оптим (эффективность 52,6–64,8%). Наименее эффективным оказалось применение фунгицидов Терсел (12,5%) и Азофос (13,0%).

Таблица 1

Эффективность применения фунгицидов в защите конского каштана обыкновенного от бурой пятнистости листьев (полевой мелкоделяночный опыт, питомник «Бровки», 2012–2013 гг.)

Вариант опыта	Концентрация, %	Биологическая эффективность препарата, %		Высота растений, % к контролю (2013 г.)	Окружность ствола, % к контролю (2013 г.)
		2012 г.	2013 г.		
Контроль* (вариант без обработки)	–	37,5	89,5	42,0	4,0
Азофос, 65% пс.	0,6	25,9	13,0	107,9	102,5
Байфуцид, КЭ	0,05	74,6	56,1	134,5	150,0
Делан, ВГ	0,05	20,5	23,8	97,4	107,5
Колосаль Про, КМЭ	0,1	54,1	58,1	123,0	117,5
Лабрадор, КЭ	0,05	62,9	55,7	132,4	112,5
Лаэрт, КЭ	0,2	71,2	58,9	126,9	107,5
Оптим, КЭ	0,2	66,9	52,6	121,0	125,0
Раёк, КЭ	0,05	75,0	64,8	143,8	150,0
Скор, КЭ	0,05	76,8	42,1	123,3	137,5
Строби, ВГ	0,05	47,2	25,2	108,8	102,5
Терсел, ВГ	0,2	25,6	12,5	118,3	100,0
Тилт, КЭ	0,2	49,9	22,1	119,0	100,0
Фалькон, КЭ	0,05	36,5	42,5	134,5	150,0
Эхион, КЭ	0,2	49,6	27,9	93,8	102,5

Примечание: в контроле приведены значения развития болезни, %; высоты растений и окружности ствола растений (в см).

Установлено, что в вариантах двукратной обработки семян каштана фунгицидами Раёк, Лаэрт, Колосаль Про, Байфуцид, Лабрадор, Оптим, проявившими наибольшую эффективность в снижении развития бурой пятнистости, высота растений на 21,0–43,8%, а окружность стволика растений на 7,5–50,0% больше, чем в варианте без обработки. Таким образом, обра-

ботка семян конского каштана фунгицидами способствует не только снижению развития бурой пятнистости листьев, но и улучшению качества посадочного материала.

По результатам проведенных испытаний фунгициды Раёк, КЭ (ЗАО Фирма «Август», Российская Федерация) и Скор, КЭ (Фирма Сингента Кроп Протекшн АГ, Швейцария) включены в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» для защиты лиственных древесных растений от пятнистостей листьев.

Список литературы

1. Болезни и вредители декоративных растений в насаждениях Беларуси / В. А. Тимофеева [и др.]; НАН Беларуси, Центральный ботанический сад; рецензенты Н. В. Гетко, Л. И. Трепашко. — Минск: Бел. наука, 2014. — 185 с.
2. *Guignardia aesculi* on species of *Aesculus*: new records from Europe and Asia / K. Pastircakova [et al.] // *Mycotaxon*. — 2009. — Vol. 108. — P. 287–296.
3. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. Справочное издание / Л. В. Плешко [и др.]. — Мн.: ООО «Земледелие и защиты растений», 2014. — 627 с.
4. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / РУП «Ин-т защиты растений»; под редакцией С. Ф. Буги. — Несвиж: Несвижская укрупненная типография, 2007. — 511 с.
5. Боровиков, В. П. STATISTICA: Искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. — СПб: Питер. — 2001. — 650 с.

Проблемы защиты коллекционных растений сочинских парков «Дендрарий» и «Южные культуры» от вредных насекомых и болезней

Ширяева Н. В.

Сочинский национальный парк, г. Сочи, Россия, natshir@rambler.ru

Резюме. На примере борьбы с опасным инвайдером *Cydalima perspectalis* Walker., вредителем *B. sempervirens* L. cv. *Suffruticosa*, *B. balearica* Lam., *B. colchica* Pojark. в сочинских дендрологических парках «Дендрарий» и «Южные культуры» показано, что на сегодняшний день эффективные методы борьбы с вредителями и болезнями растений на особо охраняемых природных территориях отсутствуют. Применение химического метода на них недопустимо, а биологические способы защиты растений, ограниченные рамками законодательства, при использовании их в «чистом» виде не эффективны и не могут снизить численность вредных организмов до хозяйственно-неощутимого уровня.

Problems of protection of collector's plants of the Sochi Park «Dendrarium» and «Yuzhnye culture» from harmful insects and diseases. Shiryayeva N. V. **Summary.** On the example of dealing with a dangerous invader *Cydalima perspectalis* Walker., pest of *B. sempervirens* L. cv. *Suffruticosa*, *B. balearica* Lam. *B. colchica* Pojark. dendrological parks in the Sochi «Dendrarium» and «Yuzhnye culture» it is shown that to date, effective methods of pest control and plant diseases on protected territories are not available. The use of chemical method on them is unacceptable, and biological methods of plant protection, the limited scope of the legislation, when used in «pure» form is not effective and may not reduce the number of pests before economic-imperceptible level.

Сочинский национальный парк (СНП) — один из первых национальных парков России, расположен в субтропической зоне между отрогами Кавказского хребта и побережьем Черного моря. В его состав с 2012 г. входят всемирно известные дендрологические парки — «Дендрарий» и «Южные культуры». Уникальные коллекции этих памятников садово-паркового искусства представлены соответственно 1815 и 665 таксонами древесных и кустарниковых растений мировой флоры.

Сохранение и содержание в здоровом состоянии ценных дендроколлекций парков — важная задача, диктующая необходимость проведения фитосанитарного мониторинга с целью получения сведений о факторах негативного воздействия на растения, среди которых ведущая роль отводится дендрофильным членистоногим и патогенным грибам.

Общее количество отмеченных в результате многолетнего мониторинга видов членистоногих к настоящему времени составляет 283 вида, возбудителей болезней — 278 видов [1]. Практически все эти виды имеют большую или меньшую хозяйственную вредоносность и определяют фитосанитарное состояние парков.

Основная доля членистоногих — 48,4%, представлена отрядом Hemiptera — Полужесткокрылые, или Членистохоботные. Они вызывают изменение окраски листьев и хвои, их отмирание, деформацию и свертывание, образование складок, галлов, наростов. В комплексе с вре-

дителями из других отрядов общий ущерб, наносимый растениям, становится ощутимым, а фитосанитарное состояние насаждений парков значительно ухудшается.

Анализ видового состава патогенных грибов показывает, что преобладающими являются грибы отдела Ascomycota (Царство Fungi), составляющие 85,3% от всех видов. Они вызывают различные пятнистости листьев, мучнистую росу листьев, бутонов, молодого прироста, серую гниль с последующим отмиранием листьев, побегов, бутонов, чернь на листьях и побегах, некроз ветвей и ствола и вносят немалую лепту в ослабление растений, подчас приводя к их гибели.

Необходимость в проведении защитных мероприятий с целью сохранения парковых растений существовала всегда, но в настоящее время она особенно возросла.

За последние два десятилетия появились новые виды вредных членистоногих, в том числе инвазивные, известные для территории Европейской части России [2], но отсутствовавшие в дендрологических парках Сочи. Это платановый клоп-кружевница *Corythucha ciliata* (Say), цикадка-бабочка японская *Ricania japonica* Melichar., цитрусовая, или пушистая подушечница *Chloropulvinaria aurantii* Skll, пекановая листовая филлоксера *Xerophylla notabilis* Perg., западный цветочный (калифорнийский) трипс *Frankliniella occidentalis* Pergande, американская белая бабочка *Huphantria cunea* Drury, цитрусовая минирующая моль *Phyllocnistis citrella* Staiton, каштановая минирующая моль, или охридский минёр *Cameraria ohridella* Descka & Dimic.

Особую тревогу в связи с их массовым распространением и высокой агрессивностью вызывают новые для территории Европейской части России инвазивные виды членистоногих, выявленные в процессе мониторинга в парках «Дендрарий» и «Южные культуры» за период 2012–2015 гг.

Появление новых инвайдеров связано с завозом из зарубежных питомников на территорию Сочи большого количества посадочного материала, предназначенного для озеленения олимпийских объектов и частных территорий. Из-за отсутствия надлежащего фитосанитарного контроля вместе с завозимыми растениями в Сочи попадали и связанные с ними фитофаги. Заселив изначально древесные и кустарниковые породы в городских насаждениях, новые виды-инвайдеры перешли в дендропарки, где успешно адаптировались в благоприятном климате с богатой кормовой базой.

В 2012 г. на лириодендроне тюльпаноносном *Liriodendron tulipifera* L. впервые обнаружена тля *Illinoia liriodendri* Monell.

В 2013 г. появились лагерстремиевая тля *Tinocallis (Sarucallis) kahawaluokalani* Kirkaldy на лагерстремии индийской *Lagerstroemia indica* L. и самшитовая огнёвка *Cydalima perspectalis* Walker. — опаснейший агрессивный листогрызущий вредитель, массово распространившийся в городских насаждениях на самшите вечнозелёном *Buxus sempervirens* L. и перешедший с него на самшит вечнозелёный Кустарничковый *B. sempervirens* L. cv. *Suffruticosa* в парках «Дендрарий» и «Южные культуры». В 2014 г. он освоил в парках самшиты балеарский *B. balearica* Lam. и колхидский *B. colchica* Pojark., вызвав почти 100%-ную их дефолиацию и частичную гибель растений.

В 2014 г. на робинии лжеакации, или белой акации *Robinia pseudoacacia* L. обнаружены робиниевая верхнесторонняя минирующая моль, или белоакациевая паректопа *Parectopa robiniella* Clem. и белоакациевая листовая галлица *Obolodiplosis robiniae* (Haldeman).

В 2015 г. появились 2 новых вида на *Eucalyptus* sp.: эулофид офелимус *Ophelimus maskelli* Ashmead и гликаспис, эвкалиптовая листовлошка *Glycaspis brembicomblei* Moor., а также опасный вредитель пальм — красный пальмовый долгоносик *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv., обнаруженный в «Дендрарии» на финике канарском *Phoenix canariensis* Chabaud и приведший 103-летнюю пальму в центральном историческом месте парка к гибели и удалению из коллекции.

С 2012 г. отмечены также и новые возбудители болезней — грибы из класса Ascomycota: опасный возбудитель пятнистости листьев и побегов самшита вечнозелёного *B. sempervirens* L. — *Cylindrocladium buxicola* Henricot и *Guignardia aesculi* (Peck) V. B. Stewart., вызывающий бурую пятнистость листьев конского каштана *Aesculus hippocastanum* L. Появление в парках новых инвазивных видов на фоне уже существующего обширного видового состава вредных члени-

стоногих и грибных патогенов вызвало неотложную необходимость в защите от них коллекционных растений. В первую очередь это коснулось наиболее агрессивного инвайдера — самшитовой огнёвки, нанёсшей ощутимый ущерб практически всем видам самшита. Повсеместное заселение вредителем городских посадок обеспечило ему беспрепятственное проникновение и в дендропарки. Однако выполнение поставленной задачи защиты самшита оказалось сопряжено с трудностями, доводящими её до грани невыполнимости, что оказалось очевидным на примере попыток борьбы с данным инвазивным насекомым.

Согласно Федеральному закону от 14.03.1995 № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» территория СНП относится к особо охраняемым природным территориям (ООПТ) федерального значения. Поскольку дендрологические парки — «Дендрарий» и «Южные культуры» входят в состав СНП, то их территории также являются ООПТ и подчиняются действию данного закона, статья 15 которого «Режим особой охраны территорий национальных парков», пункт 2 гласит: «На территориях национальных парков запрещается любая деятельность, которая может нанести ущерб природным комплексам и объектам растительного и животного мира...». Кроме того, Лесным кодексом РФ (статья 103, пункт 5) и Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 02.03.2010 № 17 «Об утверждении Санитарных правил и нормативов (СанПиН 1.2.2584–10)» запрещено применение пестицидов на территориях государственных заповедников и природных (национальных) парков.

Исходя из существующего в отношении ООПТ законодательства невозможность применения химического метода борьбы с вредителями и болезнями на территории сочинских дендрологических парков очевидна.

В сельском, лесном и лесопарковом хозяйстве распространены и широко применяются для защиты растений биологические методы. Агентами биологической борьбы с вредными организмами являются энтомофаги — паразиты и хищники, а также микроорганизмы (вирусы, бактерии, микроскопические грибы и др.).

В 2015 г. в попытке спасти от самшитовой огнёвки самшит в парке «Дендрарий» был испытан один из биологических методов контроля — использование полезных насекомых-энтомофагов. Сотрудники ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» осуществили выпуск размноженного в лабораторных условиях паразитического энтомофага *Chouioia cunea* Yang, 1989 (Hymenoptera, Eulophidae), способного уничтожать куколок ряда хвое — и листогрызущих вредителей из отряда чешуекрылых. Пробный выпуск эулофида в парк «Дендрарий» дал низкий процент паразитированных куколок в связи с недостаточным количеством выпущенных особей и высокой численностью вредителя, а также повсеместным заселением им городских насаждений, среди которых в центре города расположен парк «Дендрарий». Несмотря на то, что опыт выявил принципиальную возможность использования эулофида в качестве агента биологической защиты самшита, после отработки нормы внесения энтомофага и оптимальных сроков выпусков, согласно тому же указанному выше Федеральному закону № 33-ФЗ на ООПТ «запрещается интродукция живых организмов в целях их акклиматизации». Выпуск эулофида в парк «Дендрарий» стал возможен только по причине уже присутствия паразитоида на территории РФ и его успешного применения в Абхазии и Краснодарском крае в борьбе с американской белой бабочкой. Тем не менее, факт использования этого энтомофага для защиты парковых растений вызвал бурное обсуждение в прессе и негативную реакцию общественности, расценивших его как нарушение СНП закона об ООПТ. Микробиологический метод, основанный на использовании патогенных организмов в борьбе с растительноядными насекомыми, — один из наиболее используемых методов биологической защиты от вредителей и болезней в условиях города. Для защиты городских насаждений успешно и эффективно применяются биологические препараты — вирусные, бактериальные, грибные, созданные на основе этих организмов.

В ответ на обращение СНП в Министерство природных ресурсов РФ с просьбой о разрешении проведения защитных обработок биопрепаратами было сообщено, что «биологические препараты относятся к пестицидам и их применение на ООПТ федерального значения запрещено».

Для сдерживания численности самшитовой огнёвки специалистами производственно-научной компании ООО «АгроБиоТехнология» были использованы массово размноженные на искусственных питательных средах аборигенные штаммы энтомопаразитических грибов, собранные на территории СНП. В лабораторных условиях установлена смертность гусениц до 90%, вызванная высоковирулентными штаммами LGI-S14 *Beauveria bassiana* s.l и SNP-08 *Isaria fumosorosea*, в то время как в полевых условиях эти штаммы оказались менее эффективными из-за частых ливневых дождей, свойственных зоне влажного субтропического климата, в котором расположена территория г. Сочи. Но и при отсутствии дождей грибные агенты, по данным специалистов ООО «АгроБиоТехнология», способны вызвать высокий уровень гибели гусениц только через 8–10 дней, в то время как при массовой численности вредителя его гусеницы почти полностью уничтожают листья самшита всего за неделю. Стимулировать более быстрое развитие инфекционного процесса при микозах возможно, по мнению микробиологов, путём добавления к споровым суспензиям микроколичеств биохимических инсектицидов, ускоряющих инфекционный процесс, но применение подобных методов на ООПТ также запрещено.

В период массового лёта имаго самшитовой огнёвки в борьбе с ней были опробованы биологический и биотехнический методы борьбы с использованием света — и феромонных ловушек, установленных на территории «Дендрария». Эффективность методов оказалась низкой в связи с воздействием многочисленных внешних факторов, таких как высокая инсоляция, недостаток освещения, ливневые дожди и др.

Таким образом, следует констатировать факт, что на сегодняшний день эффективные методы борьбы с вредителями и болезнями, которые можно было бы применить в сочинских дендрологических парках, отсутствуют. Это конкретно продемонстрировано на примере борьбы с опасным инвайдером — самшитовой огнёвкой. Использование химического метода на ООПТ недопустимо, а биологические способы защиты растений, ограниченные рамками законодательства, при использовании их в «чистом» виде не эффективны и не могут снизить численность вредных организмов до хозяйственно-неощутимого уровня.

Список литературы

1. Ширяева Н. В. Аннотированный иллюстрированный Справочник вредных членистоногих и патогенной микрофлоры коллекционных растений сочинских парков «Дендрарий» и «Южные культуры». — Сочи: ФГБУ «Сочинский национальный парк», 2017. — 260 с.
2. Масляков В. Ю., Ижевский С. С. Адвентивные (инвазионные) растительноядные насекомые на территории России (Аннотированный список видов — Европейская часть России) / М.: ИГРАН, 2010. — 124 с.

Эффективность препаратов фунгицидного действия по отношению к грибу *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary

Ярук И. В., Тимофеева В. А., Головченко Л. А.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь,
buagir1990@gmail.com

Резюме. Наибольший вред топинамбуру как сельскохозяйственной культуре причиняет почвенный гриб *Sclerotinia sclerotiorum*, вызывающий белую гиль, или склеротиниоз. Болезнь развивается на всех частях растения. Препараты фунгицидного действия для борьбы с возбудителем белой гнили топинамбура в Государственном реестре средств защиты растений и удобрений отсутствуют. В связи с этим проведены лабораторные испытания эффективности 7 фунгицидов и 3 протравителей по отношению к грибу *S.sclerotiorum*.

The effectiveness of fungicidal activity of preparations against the fungus *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Yaruk I. V., Timofeeva V. A., Golovchenko L. A. **Summary.** The greatest harm to Jerusalem artichoke is caused by the soil fungus *Sclerotinia sclerotiorum* which causes white rot. The disease develops on all parts of the plant. Preparations of fungicidal action to protect Jerusalem artichoke from causative agent of white rot in the State register of plant protection products and fertilizers are not available. The article provides the results of effectiveness laboratory tests of 7 fungicides and 3 disinfectants against plant pathogenic fungus *S.sclerotiorum*.

Топинамбур — многоцелевое культурное растение. За счёт высокого и разнообразного химического состава топинамбур подходит для получения диетических продуктов питания, пищевых добавок, для фармакологической промышленности. Зелёная биомасса топинамбура используется как корм для животных. Кроме этого, надземная часть растения может использоваться для выработки недорогого биотоплива и природного газа [1, 2].

В работах части российских авторов отмечено, что культура топинамбура не подвержена болезням [1–3]. По данным же авторов из США, Канады, стран Западной Европы, топинамбур активно поражается бактериальными, грибными и вирусными патогенами. Наиболее вредоносным заболеванием считается белая гниль [3, 8].

Склеротиниоз (белая гниль) вызывается фитопатогенным грибом *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Патоген поражает многие сельскохозяйственные культуры, такие как рапс, горох, петрушка, лён, подсолнечник. Склеротиниоз за короткий промежуток времени поражает надземную и подземную части растения и серьёзно снижает выход продукции.

Однако в перечне средств защиты растений, зарегистрированных в Республике Беларусь, нет препаратов, разрешённых для защиты топинамбура от болезней.

Цель данной работы — оценка эффективности некоторых фунгицидов и протравителей в отношении возбудителя белой гнили — гриба *S.sclerotiorum*.

В качестве объектов исследования использовали штаммы гриба *S.sclerotiorum*, выделенные из частей поражённых растений топинамбура, произрастающих в коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси), фунгициды и препараты для предпосевной обработки семян. Названия препаратов и их характеристика указаны в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика испытываемых препаратов

Препарат	Действующее вещество	Концентрация, %
Фунгициды		
Зарница, КС	азоксистробин, 200 г/л+эпоксиконазол, 187 г/л	0,2 0,3
Пропульс, СЭ	флуопирам, 125 г/л+протиоконазол, 125 г/л	0,2 0,3
Консул, КС	флутриафол, 125 г/л+азоксистробин, 125 г/л	0,2 0,3
Спирит, СК	азоксистробин, 240 г/л+эпоксиконазол, 160 г/л	0,2 0,3
Мирадор форте, КЭ	азоксистробин, 60 г/л + тебуконазол, 100 г/л	0,3 0,7
Замир, ВЭ	прохлораз, 267 г/л + тебуконазол, 133 г/л	0,3 0,5
Амистар Экстра, СК	азоксистробин, 200 г/л+ципроконазол, 80 г/л	0,2 0,3
Протравители		
Винцит Форте, КС	флутриафол, 37,5 г/л + тиабендазол, 25 г/л + имазалил, 15 г/л	0,1 0,2
Виннер, КС	флутриафол, 25 г/л + тиабендазол, 25 г/л	0,1 0,2
Скарлет, МЭ	имазалил, 100 г/л+ тебуконазол, 60 г/л	0,1 0,2

Определение фунгицидной активности препаратов проводили по общепринятой методике [10]. В качестве питательной среды для роста гриба *S.sclerotiorum* использовали стерильный сусло-агар (1 г сусла на 10 г воды с добавлением 2,5 г микробиологического агара из расчёта на 100 г воды). Готовили рабочие растворы фунгицидов и протравителей. Исходной концентрацией препаратов являлась рекомендуемая в практике доза для каждого отдельного пестицида. После охлаждения среды до 45°C в неё добавляли необходимое количество рабочего раствора. Готовую среду с добавленным препаратом разливали в стерильные чашки Петри. В качестве контроля использовали сусло-агар без добавления пестицидов. Повторность четырёхкратная. Культура фитопатогенного организма высевалась на среду после её застывания. Инокулянты готовили с помощью 5-миллиметрового сверла. После посева чашки Петри инкубировали в термостате при 22°C в течение 30 дней. Результаты снимали через 15 и через 30 дней. Показателем эффективности действия препаратов являлся процент подавления роста, рассчитанный по формуле:

$$T = ((D_k - D_o) / D_o) \times 100,$$

где T — подавление роста колонии, %; D_k — диаметр колонии в контроле; D_o — диаметр колонии в опыте [10].

Все препараты с фунгицидной активностью показали высокую эффективность в подавлении роста и развития колоний гриба *S.sclerotiorum*. На 15-й день в контрольном варианте мицелий патогена полностью покрыл доступную поверхность питательной среды. В остальных вариантах роста гриба не отмечено. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Подавление роста колоний гриба *S.sclerotiorum* под действием фунгицидов и протравителей (лабораторный опыт, 15-е сутки)

Вариант опыта	Концентрация, %	Диаметр колоний, см	Подавление роста колоний, %
Фунгициды			
Контроль	–	9,0	–
Зарница, КС	0,2	0,0	100,0
	0,3	0,0	100,0
Пропульс, СЭ	0,2	0,0	100,0
	0,3	0,0	100,0
Консул, КС	0,2	0,0	100,0
	0,3	0,0	100,0
Спирит, СК	0,2	0,0	100,0
	0,3	0,0	100,0
Мирадор форте, КЭ	0,3	0,0	100,0
	0,7	0,0	100,0
Замир, ВЭ	0,3	0,0	100,0
	0,5	0,0	100,0
Амистар экстра, СК	0,2	0,0	100,0
	0,3	0,0	100,0
Протравители			
Контроль	–	9,0	–
Винцит форте, КС	0,1	0,0	100,0
	0,2	0,0	100,0
Виннер, КС	0,1	0,0	100,0
	0,2	0,0	100,0
Скарлет, МЭ	0,1	0,0	100,0
	0,2	0,0	100,0

На 30-ый день выявлено три варианта развития и роста гриба:

1. Гриб адаптировался к условиям и перешёл на питание средой с внесённым в неё пестицидом;
2. Патоген развивается над поверхностью среды;
3. Отсутствие роста мицелия.

Развитие колоний патогена на 30-й день приведено в табл. 3.

Таким образом, эксперимент по первичному скринингу препаратов с фунгицидной активностью показал, что все подобранные фунгициды и протравители проявили значительную эффективность в подавлении роста колоний фитопатогенного гриба *S.sclerotiorum* уже на 15-е сутки. На 30-е сутки патогенный гриб в вариантах с применением фунгицидов Замир, ВЭ, Амистар экстра, СК и протравителей Винцит форте, КС, Виннер, КС, Скарлет, МЭ адаптировался к условиям культивирования.

Таблица 3

Подавление роста колоний гриба *S.sclerotiorum* под действием фунгицидов и протравителей (лабораторный опыт, 30-е сутки)

Вариант опыта	Концентрация, %	Наличие роста мицелия патогена	Переход на питательную среду	Образование склероций
Фунгициды				
Контроль	–	+	+	+
Зарница, КС	0,2	+	+	+
	0,3	+	+	+
Пропульс, СЭ	0,2	+	–	+
	0,3	+	–	+
Консул, КС	0,2	+	–	–
	0,3	+	–	–
Спирит, СК	0,2	+	+	–
	0,3	+	+	–
Мирадор форте, КЭ	0,3	+	+	–
	0,7	+	+	–
Замир, ВЭ	0,3	–	–	–
	0,5	–	–	–
Амистар экстра, СК	0,2	–	–	–
	0,3	–	–	–
Протравители				
Контроль	–	+	+	+
Винцит форте, КС	0,1	–	–	–
	0,2	–	–	–
Виннер, КС	0,1	–	–	–
	0,2	–	–	–
Скарлет, МЭ	0,1	–	–	–
	0,2	–	–	–

В результате проведенной работы установлено, что наибольшую эффективность проявили фунгициды Замир, ВЭ, Амистар экстра, СК, Пропульс, СЭ и Консул, КС. Из группы протравителей все препараты полностью подавили рост и развитие возбудителя белой гнили *S.sclerotiorum*.

Список литературы

1. Зеленков, В. Н. Топинамбур. Агробиологический портрет и перспективы инновационного применения / В. Н. Зеленков, Н. Г. Романова. — РГАУ–МСХА, 2012. — 161 с.
2. Топинамбур: биология, агротехника выращивания, место в экосистеме, технологии переработки (вчера, сегодня, завтра): монография / Р. И. Шаззо, Р. А. Гиш, Р. И. Екутеч, Е. П. Корнена, В. Г. Кайшев; ГНУ Краснодар, науч.-исслед. ин-т хранения и переработки с.-х. продукции; под ред. Р. И. Шаззо. — Краснодар: Издательский Дом Юг, 2013. — 184 с.
3. Корниенко, С. Пришелец из Северной Америки / С. Корниенко // Овощеводство. — 2010. — № 5. — С. 32–37.
4. Common Names of Plant Diseases. Diseases of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) and Jerusalem Artichoke (*H. tuberosus* L.) [Electronic resource] / International Society for Molecular Plant-Microbe Interactions. — Mode of access: <http://www.ismpminet.org/resources/common/names/sunflowr.asp>. — Date of access: 13.01.2014.
5. Jerusalem artichokes (*Helianthus tuberosus* L.) [Electronic resource] / Department of Agriculture, Forestry and Fisheries Republic of South Africa, Compiled by Directorate Plant Production Private Bag X250 PRETORIA 0001, 2011. — Mode of access: <http://www.nda.agric.za>. — Date of access: 13.01.2014.
6. Lavergh, C. Adaptability and diseases of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) in Quebec / C. Lavergh, W. E. Sackston // Can. J. Plant Sci. — 1987. — Vol. 1987, № 1. — P. 349–353.
7. McCarter, S. M. Diseases limiting production of Jerusalem artichokes in Georgia / S. M. McCarter, S. J. Kays // Plant Disease. — 1984. — Vol. 68. — P. 299–302.
8. Тимофеева, В. А. Болезни и вредители топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.) / В. А. Тимофеева, Л. А. Головченко, И. В. Ярук, И. И. Бутко // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: матер. III Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 110-летию со дня рожд. акад. Н. В. Смольского (7–9 окт. 2015, Минск). В 2 ч. — Ч. 1. — Минск: Конфидо, 2015. — С. 478–480.
9. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. Справочное издание / Л. В. Плешко [и др.]. — Мн.: ООО «Земледелие и защиты растений», 2014. — 627 с.
10. Практикум по химической защите растений / А. И. Афанасьева [и др.]; под общ. ред. Г. С. Груздева. — М.: Колос, 1983. — 272 с.

Феромониторинг плодовой рябинной и смородинной почковой молей в насаждениях ягодных культур

Ярчаковская С. И., Колтун Н. Е., Михневич Р. Л.

Институт защиты растений, аг. Прилуки, Беларусь, belizr@tut.by

Резюме. Установлено, что наибольшую аттрактивность по отношению к плодовой рябинной моли (*Argyresthia conjugella* Z.) проявил образец СПФ Арвабат 1, содержащий 1 мг на диспенсер ацетат (Z)-11-гексадецен-1-ола, а наиболее оптимальным носителем (диспенсером) д. в. является медицинская дренажная трубка длиной 1,5 см. Наибольшую аттрактивность по отношению к смородинной почковой моли (*Lampronia (Incuryaria) capitella* Cl.) проявил образец СПФ, содержащий три активных компонента: (9Z,11Z)-тетрадека-9,11-диен-1-ол, (9Z,11Z)-тетрадека-9,11-диенилацетат и (9Z,11Z)-тетрадека-9,11-диеналь с количеством действующего вещества 1 мг, нанесенным на диспенсер типа черная резиновая трубка 0,5 см длиной.

Pheromonitoring of apple fruit and currant bud moths in berry crop stands. Yarkchakovskaya S. I., Koltun N. E., Mikhnevich R. L. **Summary.** It is determined that the greatest attractiveness in relation to apple fruit moth (*Argyresthia conjugella* Z.), has shown the SSP sample Arvabath 1 containing 1 mg of acetate (Z) — 11-hexadecene-1-ol acetate on the dispenser and the most optimal a. i. carrier (dispenser) is a medical drainage tube 1.5 cm long. The greatest attractiveness in respect to currant bud moth (*Lampronia (Incuryaria) capitella* Cl.) has shown SSP sample containing three active components (9Z, 11Z) — tetradec-9,11-dien-1-ol, (9Z, 11Z) — tetradec-9,11-dienylacetate and (9Z, 11Z) — tetradec-9, 11-dienal with the amount of active ingredient 1 mg applied to a dispenser of the type black rubber tube 0.5 cm long.

В концепцию интегрированных систем защиты органически вписываются в качестве одного из компонентов феромоны. Синтетические половые феромоны насекомых широко применяются для получения информации о состоянии популяций многих видов насекомых, особенно чешуекрылых. По насекомым, отловленным в ловушки, можно судить о наличии отдельных видов, с помощью аттрактанта прогнозировать появление вредителя задолго до увеличения его численности и широкого распространения. Ловушки с синтетическим половым феромоном позволяют осуществлять точный учет и прогноз вредоносности, определять границы очагов и пороговую численность вредителей, установить оптимальные сроки защитных мероприятий. Бесспорным преимуществом феромонных ловушек является то, что они дают информацию о численности вредителя во взрослой, не вредящей стадии, а для подготовки к защитным мероприятиям, при их необходимости, имеется в этом случае 7–10 дней [1].

В Беларуси до 2000 года исследований в этом направлении почти не проводилось. В связи с чем, ассортимент препаративных форм синтетических половых аттрактантов (СПА) невелик. В «Государственный Реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории республики Беларусь» на плодовых и ягодных культурах включены СПА яблонной плодовой гнили: LP-U, 3,5 мг на диспенсер (транс-8, транс-10-докадиен-1-ол + 3-лаурил-5,5-диметил-2-циклогексен-1-ол) и ЦИДВАБОЛ, 0,1 мг и 0,5 мг на диспенсер (8E,10E)-додека-8,10 диен-1-ол); сливовой плодовой гнили ГРАВАБАТ, 5 мг на диспенсер (Z)-додец-8-енилацетат)

и смородинной стеклянницы СИНВАБАТ, 1 мг на диспенсер (2E, 13Z)-октадека-2,13-диенилацетат+(3E,13Z)-октадека-3,13-диенилацетат, в соотношении 95:5).

В последние годы в насаждениях плодовых и ягодных культур в Беларуси значительно возросла численность и вредоносность садовых молей, в частности, плодовой рябинной моли (*Argyresthia conjugella* Z.). Основным кормовым растением моли является рябина, но в годы ее слабого плодоношения наносит существенный вред и яблоне (поврежденность плодов может достигать 50–70%). Вылет бабочек совпадает с периодом цветения рябины и яблони. Бабочки с серовато-коричневыми передними крыльями, окаймленными по заднему краю серебристой полосой. Задние крылья светлые, узкие с длинной бахромой. Яйца самки откладывают возле чашечки молодых плодов. Гусеницы проникают в мякоть плодов и проделывают узкие ходы в разных направлениях. Ходы вначале прозрачные, затем приобретают ржавую окраску. Постепенно ткань возле повреждения отмирает, буреет, плоды приобретают горький вкус. Кожица плодов в месте повреждения буреет, образуется незначительная вдавленность. Из отверстия выступает сок, который, подсыхая, образует на плоде заметный белый налет. Появление вредителя в массе бывает периодическим с промежутками от 1 до 6 лет. Описанные выше особенности развития фитофага затрудняют его мониторинг, ограничение численности и распространенности. Растянутый период лета имаго, питания гусениц и их окукливания, предполагает многократное применение против вредителя средств защиты, что ухудшает и без того сложную экологическую ситуацию в насаждениях плодовых и ягодных культур. Это определяет актуальность исследований в направлении совершенствования методов проведения учетов.

Экономически значимым и массовым вредителем на черной смородине в Беларуси является смородинная почковая моль (*Lampronia (Incuryaria) capitella* Cl.). Фитофаг повреждает как черную, так и красную смородину, однако предпочитает черную [6]. Поврежденность почек черной смородины без проведения защитных мероприятий в годы массового развития вредителя в Беларуси может достигать 80–100%, что приводит практически к полной потере урожая. Некоторые особенности развития фитофага затрудняют его мониторинг, ограничение численности и распространенности. Уже в период набухания почек у черной смородины, что в зависимости от погодных условий может наблюдаться и в феврале, зимующие гусеницы первого возраста покидают места укрытия и вгрызаются в почки. Для того, чтобы визуально уловить начало выхода вредителя из мест зимовки, необходимо уже с февраля месяца и до начала распускания почек у смородины проводить периодические (через 3–4 дня) наблюдения на плантациях, что весьма трудоемко и затратно. Это определяет актуальность исследований в направлении совершенствования методов проведения учетов и защитных мероприятий. Питаются гусеницы в почках до начала цветения черной смородины. Окукливается вредитель в верхнем слое почвы в период от выдвигания цветковых кистей до массового цветения черной смородины. Вылет бабочек начинается в мае, и совпадает с окончанием цветения черной смородины. Так как имаго смородинной почковой моли активны очень короткий промежуток времени с 6 ч 30 мин до 9 ч 30 мин, создаются определенные трудности в проведении мониторинга их численности и своевременного выявления очагов распространения [4]. Самка откладывает яйца в мякоть зеленых ягод. Отродившиеся гусеницы в течение нескольких дней питаются семенами ягод, затем уходят в укрытия на зимовку.

В связи с вышеизложенным, целью проводимых исследований являлась оптимизация качественного и количественного состава СПФ плодовой рябинной и смородинной почковой молей для усовершенствования мониторинга численности вредителей, своевременного выявления очагов их распространения и вредоносности в насаждениях.

Сотрудниками научно исследовательской лаборатории элементарорганического синтеза Белорусского государственного университета с 2007 г. начаты работы по созданию отечественных СПФ плодовой рябинной и смородинной почковой молей.

Изучение аттрактивности образцов феромонов плодовой рябинной и смородинной почковой молей проводилось сотрудниками лаборатории защиты плодовых культур РУП «Институт защиты растений» в 2007–2010 гг. в насаждениях плодовых и ягодных культур по методике, из-

ложенной в рекомендациях по испытанию и применению половых феромонов в защите плодовых насаждений [2, 3]. Оценивали аттрактивность разных препаративных форм СПФ фитофагов на разных носителях (черная и белая резиновые трубки, пенициллиновые пробки, желтая, голубая и оранжевая губки) с разным количеством действующего вещества на диспенсер.

Из оцененных 13 образцов СПФ плодовой рябинной моли, наибольшую аттрактивность проявил образец Арвабат 1, содержащий 1 мг ацетат (Z)-11-гексадец-1-ола, нанесенного на медицинскую дренажную трубку длиной 1,5 см, на который в среднем на ловушку за годы исследований отлавливалось 1,8–60,0 самцов вредителя, что 1,5–1,8 раза выше, чем на другие образцы (табл. 1).

В процессе изучения аттрактивности СПФ смородинной почковой моли, оценено 19 одно-, двух и трех компонентных образцов, и установлено, что наибольшую аттрактивность по отношению к самцам вредителя проявляют образцы Лавабат 0,5-ЧР 1 содержащие три активных компонента: (9Z,11Z)-тетрадека-9,11-диен-1-ол + (9Z,11Z)-тетрадека-9,11-диенилацетат + (9Z,11Z)-тетрадека-9,11-диеналь с количеством действующего вещества 1 мг/диспенсер, а наиболее оптимальным носителем д. в. является черная резиновая трубка 0,5 см длиной. На указанный образец за годы исследований было отловлено в среднем на ловушку 10,8–60,6 самцов вредителя, в то время как на другие образцы — всего лишь 0,2–10,4 особей фитофага (табл. 1).

Таблица 1

Аттрактивность отечественных СПФ плодовой рябинной и смородинной почковой молей (Минская область, 2007–2010 гг.)

Вариант	Количество отловленных особей, на одну ловушку за период лета фитофага			
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
<i>Argyresthia conjugella</i> Z.				
1. Арвабат 1, содержащий 1 мг ацетат (Z)-11-гексадец-1-ола,	49,3	1,8	60,0	7,2
2. Другие образцы	0,6–34,0	0,4–1,0	4,6–28,0	3,2–4,6
<i>Lampronia (Incuryaria) capitella</i> Cl.				
1. Лавабат 0,5-ЧР 1 содержащий 1 мг смеси (9Z,11Z)-тетрадека-9,11-диен-1-ол+ (9Z,11Z)-тетрадека-9,11-диенилацетат + (9Z,11Z)-тетрадека-9,11-диеналь	60,6	11,2	10,8	13,3
2. Другие образцы	1,2–10,4	0–0,2	0,4–6,0	2,5–5,7

С целью получения своевременной и точной информации о сроках развития, численности и состоянии популяций плодовой рябинной моли в насаждениях аронии черноплодной и смородинной почковой моли в насаждениях смородины феромонно — клеевые ловушки типа Атракон А с площадью фиксирующей поверхности 400 см², оснащенные феромонной капсулой, изготавливаемой в БГУ и вкладыши с липкой массой Унифлекс, вывешиваются в начале цветения культур в центре средней части куста, т. е. в наиболее предпочитаемом месте обитания бабочек вредителей.

Все средства защиты плодов от плодовой рябинной моли дают наибольший эффект при применении их в период ее максимальной численности. При этом традиционные инсектициды, а также биопрепараты следует применять только в периоды массового отрождения гусениц из яиц. Периоды максимальной численности бабочек устанавливаются на основе сведений по еженедельному их отлову в среднем на одну ловушку. Начало снижения количества отлавливаемых бабочек после периода нарастания их численности свидетельствует о прекращении пика лета. В насаждениях с низкой численностью, при отлове на одну ловушку не более 6–7 бабочек за не-

делю на протяжении всего сезона, пик лета очень слабо выражен или его совсем нет. В таких насаждениях специальные защитные мероприятия против плодовой рябинной моли не требуются. Традиционные химические и биологические препараты применяются через 12–14 дней после пика лета вредителя. Применение против плодовой рябинной моли химических средств экономически и экологически оправдано только при отлове в среднем на одну ловушку более 12–15 бабочек за неделю в период их максимального лета.

Лет бабочек смородиновой почковой моли наблюдается с середины мая до середины июня и продолжается 17–27 дней. На 10–13 сутки отмечается пик лета вредителя. Отлов более 15 самцов на ловушку за весь период лета свидетельствует о возможной вредоносности моли в будущем году, что уточняется весной в период выхода гусениц из мест зимовки, который начинается в феврале, когда максимальная температура воздуха достигает +15°C, в марте +13°C, в апреле +9°C и продолжается обычно 8–10 дней. Это оптимальный период для борьбы с вредителем [5]. Экономический порог вредоносности фитофага в этот период составляет 2% поврежденных почек.

Список литературы

1. Исмаилов В. Я., Надыкта В. Д. Регуляция численности фитофагов с помощью синтетических половых феромонов. Защита и карантин растений, 2002, № 5, с. 16–18.
2. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов, родентицидов и феромонов в сельском хозяйстве/ НПЦ НАН Беларуси по земледелию, Институт защиты растений; под ред. Л. И. Трепашко. — д. Прилуки, Минский р-н, 2009. — С. 308–310.
3. Рекомендации по испытанию и применению половых феромонов в защите плодовых насаждений яблонной, восточной и сливовой плодожорок. М., 1980, с. 18.
4. Ярчаковская С. И. Вредители смородины и крыжовника. Ахова раслін, 2000, № 1, с. 20–21.
5. Ярчаковская С. И., Колтун Н. Е. Мониторинг смородиновой почковой моли (*Incuryaria capitella* Cl.) в насаждениях смородины черной. Земляробства і ахова раслін, 2009, № 3, с. 68–71.
6. Labanowska B. Krzywik porzeczkowiaczek przypomina o sobie. Hasło ogrońnicze. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ho.haslo.pl/index/php?rok=2003&numer=02-22> k. — Дата доступа: 10.04.2009.

State monitoring of woody plants in urban recreational green plantations in Lithuania

Stankevičienė A.

*Kaunas Botanical garden of Vytautas Magnus University, Kaunas, Lithuania,
antanina.stankeviciene@vdu.lt*

Summary. After the research in 2009–2013 on the phytopathological state of woody plants grown at city recreational plantations in Lithuania there were assessed to be not injured plants of 35 genus, 48 species, 11 cultivars. Plants of 29 genus, 37 species, 7 cultivars were injured by fungal disease agents of 24 genus, 30 species and pests of 16 genus, 19 species. *Cameraria ohridella* had strongest damage on *Aesculus hippocastanum* (up to 2.38 grades), *Sawadaea bicornis* on *Acer ginnala* (up to 3.5 grades).

Мониторинг состояния древесных растений в городских рекреационных зеленых насаждениях Литвы. Станкевичене А. **Резюме.** В результате фитопатологического обследования древесных растений в городских рекреационных насаждениях, проведенного в Литве в 2009–2013 гг., установлено, что без признаков поражения болезнями и вредителями были растения 35 родов, 48 видов, 11 сортов. На растениях 29 родов, 37 видов, 7 сортов выявлены 24 рода, 30 видов патогенных грибов и 16 родов, 19 видов вредителей. Самый сильный вред наносила каштановая минирующая моль *Cameraria ohridella* на *Aesculus hippocastanum* (до 2,38 балла), возбудитель мучнистой росы — гриб *Sawadaea bicornis* — поражал растения *Acer ginnala* до 3,5 баллов.

Green plantations are a very important component at urban territories. The importance has been proven in many studies: street plantations, squares, parks and forest parks improve air quality, supplement oxygen resources, diffuse substances inhibiting the spread of bacteria, improve city microclimate, connect buildings with urbanizes or natural landscape, protect living environment from variety of adverse environmental factors, have a positive effect on people's mood, as expressive and diverse greenery, pleasant plants' smell removes physical and emotional fatigue [6]. In order to maintain and create new urban greeneries, form a fully-fledged system of green areas, city municipalities carry out greenies management, development and cultivation program for 2008–2018. The assessment of the current state of green plantations contributes to improve the quality of urban green areas.

Methods

During 2009–2013, the variety and state of woody plants at city recreational green plantations was described according to Alytus city (Lithuania) concept: 7 parks, 5 squares. In total there were annually evaluated 3512 woody plants, belonging to 56 genus, 85 species, 20 cultivars. Plant names were described by M. Griffiths code [2], fungal by Index fungorum [8], pests by Fauna Europaea [9].

The pathological condition of plant injury was assessed being based on methodic by A. Ziogas [10]. Tree condition was assessed in the scale of 5 grades (0–4). *Disease agents* were identified visually (according to symptoms of the diseases and pathogens — fungi morphological features using a loupe) and isolating pure fungi cultures in humid chamber method. *Fungi species* were identified by describers Grigaliūnaitė; Sinclair, Lyon; Orlikowski, Wojdyla [3, 5, 7]. *Pests* were characterized according to Hartmann, Nienhaus et al.[4]. Calculated average injury grades: $V = \Sigma(n \cdot b) / N$; were V — average injury grade, $\Sigma(n \cdot b)$ — the sum of multiplications of the number of plants equally injured (in grades) and the value of the damage, N — the number of assessed plants.

Results

3512 woody plants at recreational plantations were investigated (56 genus, 85 species, 20 cultivars). Plants from among them of 35 genus, 48 species, 11 cultivars (investigated 1171 plants) had no injuries: *Acer platanoides* 'Schwedleri' (investigated 31 plants), *A. saccharinum* L. (5), *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (101), *Amelanchier spicata* (Lam.) K. K. (10), *Cornus alba* L. (28), *Corylus avellana* L. (2), *Cotinus coggygria* Scop. (1), *Deutzia scabra* Thunb. (4), *Fagus sylvatica* L. (2), *Fraxinus lanceolata* (2), *F. pennsylvanica* Marshall (11), *Ginkgo biloba* L. (1), *Juglans cinerea* L. (4), *J. mandshurica* Maxim. (2), *Laburnum alpinum* (1), *L. laricina* (Du Roi) K. Koch (10), *Ligustrum vulgare* L. (100), *L. vulgare* 'Aureum' (5), *Magnolija kobus* DC (1), *Malus toringo* Siebold (5), *Padus avium* Mill. (1), *Picea abies* (L.) H. Karst. (63) and species 'Nidiformis' (2), 'Virgata' (1), *P. glauca* (Moench) Voss (6), *P. omorica* (Pančić) Purk. (40), *Pinus banksiana* Lamb. (3), *P. nigra* J. F. Arnold (4), *P. sylvestris* L. (308), *Pinus* sp. (23), *Philadelphus coronarius* L. (4), *Physocarpus opulifolius* (L.) (105) and species 'Luteus' (1), 'Diabolo' (9), *Populus tremula* L. (18), *Potentilla fruticosa* L. (26), *Prunus cerasifera* Ehrh. (16), *P. spinosa* L. (1), *Quercus rubra* L. (6), *Rhamnus catarcticus* L. (2), *Rhus typhina* L. (7), *Robinia pseudoacacia* L. (11), *Rosa rugosa* Thunb. (13), *Sambucus nigra* L. (2), *Spiraea arguta* Zabel. (98), *S. bumalda* Burv. (15), *S. japonica* L. 'Macrophylla' (13), *S. latifolia* (Aiton) Borkh (10), *Taxus baccata* 'Fastigiata' (1), *Thuja occidentalis* L. (16) and species 'Columna' (4), 'Luteae' (5), 'Smaragd' (4), *T. plicata* Donn ex D. Don (1), *Ulmus minor* Mill. (1), *Weigela floribunda* (Siebold et Zucc.) Koch (4). Most commonly found diseases and pest are presented in Table 1.

Recreational plantation have less injuries of physiological origin caused by abiotic factors (higher temperature, lack of moisture in the environment, soil around tree compacted or cover too much, environmental pollution, etc.), but here appears higher number (higher species diversity) of pathogens and pests. These injuries had stronger effect in 2013 — on *Tilia cordata* (defoliation, discoloration, dry branches) with 1–3 grades, in 2012 — 1–2 grades. It common for *Salix alba* 'Tristis' to have dry branches in its crown (1–4 grades). The strongest defoliation and discoloration injuries and largest number of dry branches had: *Larix decidua* L. (103 investigated trees) and *Pinus strobus* L. (9 trees) — 2–3 grades; less injured were *Picea pungens* Engelm. (13), *P. pungens* 'Glaucā' (13), *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (20), *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (14) — following 1–3 grades each; and *Fraxinus excelsior*, *Hippophoe rhamnoides* (69), *Populus canadensis* (39) — 1–2 grades.

Investigating the remaining plants (2238 plants) belonging to 29 genus, 37 species, 7 cultivars, was identified fungal diseases agents injuring them of 24 genus, 30 species and pests of 16 genus, 19 species. Among then fungal disease agents of 10 genus and species injured plants (9 genus, 12 species, 1 cultivar) only in 2009: *Aesculus hippocastanum* L. (investigated 76 plants) — injured *Phyllosticta paviae* Desm. (with 0.3–0.1 grades); *Berberis thunbergii* 'Purpurea' (65) — *Erysiphe berberidis* DC (1–0.2); *Betula pendula* Roth (357) — *Atopospora betulina* (Fr.) Petr. (0.34–0.1); *Juglans* sp. (1) — *Ophiognomonia leptostyla* (Fr.) Sogonov (0.4–0.2); *Laburnum alpinum* Mill. (1) and *L. anagyroides* Medik. (3) — *Pseudocercospora laburni* (W. W. Ray) Deighton (2.2–0.8); *Pyrus pyraeaster* Burgsd. (7) — *Gymnosporangium sabine* (0.4–0.0); *Tilia cordata* Mill. (541) — *Apiognomonia errabunda* (0.01–0.2); *T. euchlora* K. Koch (7) — sooty mould (0.49–0.1). Only in 2009 pest of 6 genus species injured plants of 5 genus, 6 species: *Abies alba* Mill. (investigated 3 plants) and *Acer platanoides* L. were injured by *Aphrastasia pectinatae* (Cholodkovsky) — 1.8–0.9 grades; *Acer platanoides* (270) — *Periphyllyus lyropictus* (Kessler) (0.38–0.0) and *Pristiphora subbifida* (Thomson) (0.21–0.0); *A. platanoides* 'Globosum' (20) — *P. subbifida* (1–0.5); *A. pseudoplatanus* L. (27) — *Aceria macrochela* (2–0.2); *Crataegus monogyna* Jacq. (18) — *Dysaphis crataegi* (Kaltenbach) — (0.8–0.3); *Fraxinus excelsior* L. (54) — *Hylesinus* sp. (2–0.4); *Tilia cordata* (541) — *Eucallipterus tiliae* (1.11–0.1) and *Eriophyes tiliae* (0.17–0.1).

Table 1
Woody plant fungal pathogens and pests mostly found in urban recreational plantations Lithuania, 2009–2013

Plant name, number	Diseases agents ^D / Pest ^P	Average grade of damage				
		2009	2010	2011	2012	2013
<i>Abies concolor</i> Lindl., 3	<i>Aphrastasia pectinatae</i> (Cholodkovsky, 1888) ^P	2±0,1	1.9±0,1	2±0,2	0.67±0,2	
<i>Aesculus hippocastanum</i> L., 76	<i>Cameraria ohridella</i> (Deschka & Dimic, 1986) ^P	2.98±1	2.88±0,1	2.25±0,1	2.35±0,1	2.84±0,1
<i>Acer ginnala</i> L., 24	<i>Erysiphe flexuosa</i> (Peck) U. Braun & S. Takam. ^D	2±0,4	3.5±0,0	2.96±0,4	3.5±0,0	2.7±0,0
<i>Acer negundo</i> L., 42	<i>Sawadea bicornis</i> (Wallr.) Homma ^D	0.75±0,6	0.83±0,5	0.13±0,6	0.48±0,2	0.77±0,1
<i>Acer platanoides</i> L., 270	<i>Phyllosticta negundicola</i> Sacc. ^D	0.36±0,0	0.36±0,0	0.34±0,0	0.33±0,0	0.33±0,0
	<i>Rhytisma acerinum</i> (Pers.) Fr. ^D	0.52±0,0	0.68±0,1	0.01±0,0	0.01±0,0	0.02±0,0
	<i>Sawadea bicornis</i> (Wallr.) Homma ^D	0.1±0,1	0.5±0,0	0.1±0,0	0.11±0,0	0.13±0,0
	<i>Sawadea bicornis</i> (Wallr.) Homma ^D	1.2±0,0	1.25±0,3	0.22±0,3	0.23±0,3	0.25±0,3
<i>Acer platanoides</i> 'Globosum', 20	<i>Rhytisma acerinum</i> (Pers.) Fr. ^D	1.13±0,2	1.63±0,1	1.63±0,1	0.99±0,1	0.9±0,1
	<i>Aceria macrochela</i> (Nalepa, 1891) ^P	1±0,6	0.51±0,6			
<i>Acer pseudoplatanus</i> L., 27	<i>Eriophyes macrorynchus</i> (Nalepa, 1889) ^P	1.6±0,3	1.15±0,3	1.05±0,3		
<i>A. pseudoplatanus</i> 'Atropurpureum', 24	<i>Rhytisma acerinum</i> (Pers.) Fr. ^D	1.38±0,1	2.15±0,1	0.01±0,1		1±0,0
<i>Acer platanoides</i> 'Krimson King', 8	<i>Eriophyes macrorynchus</i> (Nalepa, 1889) ^P	1.9±0,1	2.1±0,1	1.78±0,1		
<i>Acer tataricum</i> L., 2	<i>Sawadea bicornis</i> (Wallr.) Homma ^D	3±0,4	1.69±0,1	0.51±0,1	0.11±0,1	1.01±0,1
<i>Berberis thunbergii</i> 'Purpurea', 65	<i>Sawadea bicornis</i> (Wallr.) Homma ^D	1±0,00				0.1±0,1
<i>Betula pendula</i> Roth, 357	<i>Phyllosticta berberidis</i> Westend. ^D	0.29±0,7			0.46±0,1	0.02±0,3
<i>Caragana arborescens</i> Lam., 4	<i>Marssonina betulae</i> (Lib.) Magnus ^D	0.13±0,1	1.46±0,1	0.01±0,1		0.11±0,1
<i>Carpinus betulus</i> L., 9	<i>Erysiphe palczewskii</i> (Jacz.) Braun & S. Takam. ^D	2.3±0,0			2±0,2	1.01±0,2
<i>Cotoneaster lucidus</i> Schldl., 35	<i>Gnomonia fimbriata</i> (Pers.) Fuckel ^D	0.1±0,3	0.1±0,3	0.1±0,3		
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq., 18	<i>Rhopalosiphum insertum</i> (Walker, 1849) ^P	1.56±0,1	0.9±0,3	1.02±0,3		
<i>Euonymus europaea</i> L., 2	Sooty mould (<i>Fumago</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp.) ^D	0.8±0,3				0.42±0,3
<i>Forsythia suspensa</i> (Thunb)Vahl, 14	<i>Cicinobolus euonymi-japonicae</i> Arcang. ^D	0.1±0,7	0.01±0,7	0.01±0,7	0.01±0,7	0.11±0,6
<i>Larix decidua</i> Mill., 103	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary ^D	0.05±0,3	0.06±0,4	0.05±0,4		
<i>Larix</i> sp., 7	<i>Rhabdochloa laricis</i> (Vuill.) Stone ^D	1.38±0,2	1.18±0,2	1.2±0,2		
	<i>Rhabdochloa laricis</i> (Vuill.) Stone ^D	0.01±0,4			0.01±0,4	0.02±0,4

Plant name, number	Diseases agents ^D / Pest ^P	Average grade of damage				
		2009	2010	2011	2012	2013
<i>Lonicera tatarica</i> L., 10	<i>Rhopalomyzus loniceræ</i> (Siebold, 1839) ^P	2.1±0.4	0.9±0.4	0.76±0.3	3±0.0	
<i>Padus serotina</i> (Ehrh.) Borkh., 14	<i>Stigmina carpophila</i> (Lév.) M. B. Ellis ^D	2±0.3	1±0.4	1±0.4	0.01±0.4	0.1±0.4
<i>Pinus strobus</i> , 9	<i>Cronartium ribicola</i> J. C. Fisch ^D	1±0.4		1.65±0.1	1±0.4	1±0.4
<i>Populus x canadensis</i> Moench, 39	<i>Melampsora laricis-populina</i> Kleb. ^D	2±0.6	2.75±0.5	0.15±0.4		1.1±0.4
<i>Populus x berolinensis</i> Dipp., 10	<i>Melampsora laricis-populina</i> Kleb. ^D	0.01	0.15±0.2	0.23±0.6	0.8±0.4	0.01±0.4
<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh 'Purpurea', 12	<i>Stigmina carpophila</i> (Lév.) M. B. Ellis ^D	2±0.4	1±0.8	1±0.8	0.01±0.6	0.01±0.6
<i>Rosa canina</i> L., 7	<i>Phragmidium</i> sp. ^D	3±0.4	1.2±0.1	1.71±0.1	1.15±0.3	1±0.1
<i>Taxus baccata</i> 'Dovastaniana', 8	<i>Parthenolecanium pomericum</i> (Kawecki, 1954) ^P	2±0.0	2±0.0	2±0.0	2±0.0	3±0.0
	<i>Mycosphaerella microsora</i> (Cooke) J. Schröt. ^D	0.39±0.1	1.11±0.1	1.43±0.1	0.62±0.1	1.4±0.1
	Sooty mould ^D	1.16±0.1			0.01±0.4	0.03±0.4
<i>Tilia cordata</i> Mill., 541	<i>Eriophyes tiliae-nervalis</i> ^P	0.12±0.1	0.22±0.3			
	<i>Schizotetranychus tiliarum</i> ^P	0.01±0.1	0.04±0.2		0.12±0.1	0.15±0.2
	<i>Caliroa annulipes</i> ^P				0.02±0.2	0.4±0.1
<i>Tilia euchlora</i> K. Koch, 7	<i>Eucallipterus tiliae</i> (Linnaeus, 1758) ^P	1.5±0.7		1.01±0.1		
<i>Quercus robur</i> L., 219	<i>Erysiphe alphitoides</i> S. Takam. ^D	1.9±0.1	2.34±0.1	1.14±0.1	1.68±0.1	2.26±0.1
	<i>Septoria quercicola</i> Sacc. ^D					0.17±0.3
	Sooty mould (<i>Fumago</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp.) ^D					0.17±0.8
	<i>Apiognomonía errabunda</i> (Roberto ex Desm.) ^D					0.16±0.2
	<i>Tuberculatus querceus</i> (Kaltenbach, 1843) ^P	0.26±0.1	0.2±0.1			
<i>Salix alba</i> 'Tristis', 12	<i>Venturia saliciperda</i> Nüesch. ^D	0.9±0.1	0.87±0.1	0.03±0.2	1.34±0.6	0.97±0.3
<i>Salix caprea</i> L., 46	<i>Melampsora caprearum</i> Thüm. ^D	2±0.1	2±0.1	3±0.1	1,09±0,0	1,19±0,0
<i>Sorbus aucuparia</i> L., 17	<i>Venturia inaequalis</i> (Cooke) G. Winter ^D	1.03±0.2	0.32±0.1	1±0.2		0.01±0.2
<i>Sorbus intermedia</i> Pers., 4	<i>Venturia inaequalis</i> (Cooke) G. Winter ^D	2.03±0.1	0.8±0.2	0.01±0.2		0.01±0.2
<i>Syringa vulgaris</i> L., 28	<i>Erysiphe syringae</i> Schwein. ^D	2.67±0.1	2.12±0.1	0.73±0.2	0.64±0.4	0.8±0.3
	<i>Chondrostereum purpureum</i> (Pers.) Pouzar ^D	1.6±0.2	1.6±0.2	1.6±0.2	1,6±0,2	1,6±0,2
<i>Ulmus glabra</i> Huds., 16	<i>Ophiostoma ulmi</i> (Buisman) Nannf. ^D	1.6±0.7	2.1±0.7	0.01±0.2		
<i>Ulmus laevis</i> Pall., 8	<i>Ophiostoma ulmi</i> (Buisman) Nannf. ^D	1.6±0.7	1.6±0.6			
	<i>Tetraneura ulmi</i> (Linnaeus, 1758) ^P	2.09±0.3	1.9±0.3			

Conclusion

In 2009–2013 the investigation on 3512 woody plants (56 genus, 85 species, 20 cultivars) at recreational plantations in Lithuania (according to Alytus city example) was carried out to examine their state. There were identified plant of 35 genus, 48 species, 11 cultivars were not injured. The intensity and variety of physiological origin and was low — defoliation, discoloration, dry branches injured plants of 9 genus, 9 species, 2 cultivars, 1 variety. Fungal disease agents of 24 genus, 30 species and pest of 16 genus, 19 species injured plants of 29 genus, 37 species, 7 cultivars. From among the pest *Cameraria ohridella* had the strongest influence annually on *Aesculus hippocastanum* (up to 2.38 grades), *Acer ginnala* was injured by *Sawadaea bicornis* up to 3.5 grades.

References:

1. Chakre O. J. 2006. Choice of eco-friendly trees in urban environment to mitigate airborne particulate pollution. *Journal of human ecology*, 20 (2), p. 135–138.
2. Griffiths M. 1997. *Index of garden plants*. Macmillan.
3. Grigaliūnaitė B. 1997. *Mycota Lithuaniae III. Erysiphales 1*. Vilnius.
4. Hartmann G., Nienhaus F., Butin H. 1995. *Farbatlas Waldschäden*. Ulmer Verlag Stuttgart.
5. Orlikowski L., Wojdyla A., 2010. *Choroby ozdobnych drzew lisciastych*, Krakow, 173 s.
6. Sander H., Elliku J., Läänelaid A., Reisner V., Rohtla M., Sestakov M. 2003. Urban trees of Tallin, Estonia. *Proceeding of the Estonian Academy of Sciences. Biology, ecology*, 52, p. 437–452.
7. Sinclair W. A., Lyon H. H. 2005. *Diseases of trees and shrubs* (second edition). Ithaca and London, 660 P.
8. <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp>
9. <http://www.fauna-eu.org/>
10. Ziogas A. 2000. *Manual of Forest protection*. Kaunas, Lututė, 352 p.

Секция 6

Современные направления ландшафтного дизайна и зеленого строительства

Коллекции лаборатории интродукции и селекции орнаментальных растений, перспективы их формирования и использования

Белоусова Н. Л., Лунина Н. М., Завадская Л. В.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь, natacbs@tut.by, nlun@tut.by, mila.zavadskaya.47@mail.ru

Резюме. В статье анализируется современный состав и структура коллекций орнаментальных растений лаборатории интродукции и селекции орнаментальных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси, приведены сведения о перспективах их пополнения и использования.

Collections of the laboratory of introduction and selection of ornamental plants, and prospects for their formation and use. Belousova N. L., Lunina N. M., Zavadskaya L. V. **Summary.** The article analyzes the modern collections of the laboratory of introduction and selection of ornamental plants, provides information on the prospects for their replenishment and use.

Коллекции красивоцветущих и декоративно-лиственных растений открытого грунта самые крупные в Центральном ботаническом саду, составляют почти половину всего генофонда Сада. Они неизменно вызывают интерес и привлекают посетителей. В апреле — это одна из самых крупных в Европе коллекция нарциссов и гиацинтов, в мае — коллекции тюльпанов и примул, почвопокровных многолетников, в июне — пионов, ирисов и рододендронов, в июле — роз, гладиолусов и флокса метельчатого, в августе-сентябре — георгин и хризантемы корейской.

Формирование коллекций декоративных травянистых растений и роз, начатое с первых лет существования Сада, было прервано в годы Великой Отечественной Войны. Целенаправленная интродукция и формирование отдельных цветочно-декоративных культур проводилась по инициативе и под руководством академика Николая Владиславовича Смольского, директора ЦБС с 1955 г. по 1976 г.

Смольский Н. В., являясь учеником и коллегой академика Н. И. Вавилова, организовал работы по «вавилонскому» принципу, создав школу интродукции растений в БССР. Все современные коллекции растений Сада, в том числе и лаборатории интродукции и селекции орнаментальных растений, созданы по инициативе и с участием Н. В. Смольского.

По состоянию на 2016 г. генофонд коллекций лаборатории включает **5948** видов, форм и сортов 18-ти садовых культур (табл.)

Таблица

Количественный состав коллекций лаборатории интродукции и селекции орнаментальных растений (на 2016 г.)

Наименование культуры	Количество видов и внутривидовых таксонов	
	2012 г.	2016 г.
Георгины	220	240
Гиацинты	86	103
Гладиолусы	454	774
Ирисы	265	348
Клематисы	165	148
Лилейники	123	134
Лилии	339	411
Мелколуковичные	204	206
Многолетники	518	718
Нарциссы	401	416
Однолетники	671	707
Пионы	320	340
Тюльпаны	525	559
Флоксы	64	98
Хризантема индийская	98	98
Хризантема корейская	152	159
Рододендроны	87	157
Розы	285	317
Всего:	4977	5948

В коллекциях сохраняются около 60-ти редких и исчезающих видов евроазиатской флоры (Беларусь, Украина, Россия, Грузия, Польша), в том числе:

- виды 1 категории: *Primula juliae* Kusnez., *Paeonia peregrina* Mill.;
- виды 2 категории: *Juno bucharica* (Foster) Vved., *Iris prilipkoana* Kem.-Nath., *Paeonia mlokosewitschii* Lomakin, *Allium christophii* Trautv., *Puschkinia hyacinthoides* Baker, *Erythronium dens-canis* L.;
- виды 3 категории: *Pulmonaria mollis* Wulfen ex Hornem, *Helleborus purpurascens* Waldst. et Kit., *Colchicum autumnale* L., *Paeonia tenuifolia* L., *Paeonia anomala* L., *Paeonia lactiflora* Pall., *Galanthus nivalis* L., *Galanthus plicatus* Bieb., *Crocus reticulatus* Stev. ex Adams, *Crocus susianus* Ker. Gawl., *Iridodictyum reticulatum* (Bieb.) Rodion, *Leucojum vernum* L.;
- виды 4 категории: *Epimedium colchicum* (Boiss.) Trautv., *Primula elatior* (L.) Hill., *Arisaema japonicum* Blume, *Colchicum speciosum* Stev., *Lilium dahuricum* Ker.-Gawl., *Lilium martagon* L., *Crocus speciosus* Bieb. и др.

Наибольшим количеством видов представлены семейства *Asteraceae* (51 род, 89 видов, 491 сорт), *Ranunculaceae* (11 родов, 24 вида), *Lamiaceae* (16 родов, 19 видов), *Primulaceae* (3 рода, 19 видов), *Rosaceae* (8 родов, 19 видов). По численности сортов лидируют семейства *Liliaceae* (5 родов и 823 сорта) и *Amaryllidaceae* (соответственно 4 и 375).

Интродукция новых видов и сортов растений проводится в соответствии с ранее разработанным планом. Целью этой работы является сохранение биоразнообразия мировой флоры, за счет интродукции видов из мест их естественного произрастания, в том числе из Беларуси. Учитываются также современные тенденции в селекции, ландшафтном дизайне, а также цветоводческие традиции регионов Беларуси. Следует подчеркнуть, что критерием при подборе сортов являлось максимально полное отражение садовых групп той или иной культуры. Поставлена задача не допустить увеличения количественного состава культур за счёт сортов-близнецов. Биоразнообразие коллекционного фонда увеличивалось как за счет привлечения новых и старинных видов и сортов.

Коллекции служат не только объектом исследований. Велика их просветительская роль. На базе коллекций проходят практику студенты профильных ВУЗов и СУЗов, проводятся практические занятия для слушателей курсов повышения квалификации озеленителей и экологов из разных городов республики. Коллекции служат маточниками для специализированных хозяйств системы ЖКХ. Ежегодно сотрудники лаборатории проводят теоретические занятия на курсах повышения квалификации специалистов этого профиля, в клубах цветоводов любителей.

В наше время, когда люди имеют возможность посещать другие страны и видеть разноеобразие цветов и приемов ландшафтного оформления, их трудно удивить. Поэтому мы не только пополняем коллекции, но и совершенствуем их экспонирование, сохраняя традиции нашего Сада, сформированные поколениями предшественников. В этой связи планируется создание новых экспозиций («Декоративные травы», «Тенистый сад», «Иридарий», «Сад вьющихся растений», «Исторические растения ботанических садов», «Декоративный огород», «Беларускі кветнік»), а также сезонных цветников.

Планируем усилить информационное сопровождение коллекций. Проводить на их базе образовательные программы для населения.

Зимние сады.

История, перспективы и прогнозы

Валицкая Г. С., Пузанкевич Е. Г.

*Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
vgs1953@mail.ru, E. Puzankevich@cbg.org.by*

Резюме. Современные оранжерейные многофункциональные комплексы «климатроны» демонстрируют технические возможности создания разных климатических зон планеты от альпийского пояса до влажных тропиков и мангровых лесов. Они дают представление о типичной флоре этих зон, а также о редких исчезающих видах. Изучение опыта создания «зимних садов» в разные исторические эпохи, в других странах и у нас на родине, анализ тенденций проектирования и строительства дня сегодняшнего в деле создания зимних садов, все это делает неоценимый вклад в создание оригинального по форме и уникального по содержанию образа нового «Оранжерейного комплекса» в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси, строительство которого намечено в ближайшие годы. Богатейшая коллекция оранжерейных растений и опыт создания Экспозиционной оранжереи, а также некоторые разработки по созданию «Зимних садов» в общественных зданиях г. Минска дают надежду на успешный результат.

Green house. History, horizons and forecasts. Valitskaya G., Puzankevich E. **Summary.** Modern multi-purpose greenhouses «climatrons» have functionality for different climatic provinces creation: from the alpine zone to the humid tropics and mangles. They provide insight into typical flora of the climatic provinces and rare and endangered plants. Study the experience of green house creation in different historic periods, at home and in other countries, analysis of their design and construction trends at the present day makes an invaluable contribution to the foundation of a new original and unique Greenhouse complex in the Central Botanical Garden of NAS of Belarus. The richest collection of greenhouse plants, the experience of Exhibition greenhouse construction and green house development in the Minsk municipal buildings hold out hope for a success.

Из истории зимних садов

Историки предполагают, что первые павильоны, отдаленно напоминающие сооружения зимнего сада, появились в Древнем Риме.

В эпоху Возрождения, периода расцвета искусств и наук, когда стали создаваться первые университеты и медицинские факультеты при них, возникали и первые ботанические сады с лекарственными огородами и оранжереями. Одним из первых ботанический сад появился в итальянской Падуе, он был создан при медицинском факультете университета для будущих медиков с целью изучения целебных свойств растений. В XVI столетии в более холодных странах Европы стали возникать теплицы для выращивания южных фруктов, в особенности популярны стали цитрусовые, дающие и прекрасные плоды и одаривающие дивным ароматом. Пробразом будущих «зимних садов» были, так называемые «дома померанцев». Это были обыкновенные теплицы, в которых выращивали экзотические растения и плоды.

Первые оранжереи среди ботанических садов для сбора коллекций тропических и субтропических растений были построены в Ботаническом саду Лейдена в 1599 г., и далее распространились повсеместно по ботаническим садам всей Европы — в 1646 г. они появились в Ренте и Амстердаме, в 1714-м — в Париже и. т. д.

Одновременно с парижской появилась и первая русская оранжерея в Петербурге в «Летнем саду» — любимом детище Петра Великого (рис. 1).

Таким образом, оранжереи строились в частных усадьбах как место зимовки полезных в хозяйственном отношении растений, а в ботанических садах оранжереи возникали как место сбора коллекций редких растений южных регионов.

В XVII–XVIII — веках в Англии, а затем и по всей Европе, уже во дворцах и замках, усадьбах и загородных домах начали появляться первые прототипы оранжерей и зимних садов. Постройки, которые первоначально использовались для выращивания южных растений, теперь служили местом для встреч и проведения свободного времени. Первые оранжереи были деревянными или каменными строениями с увеличенным числом больших боковых окон и, как правило, непрозрачными крышами, что давало довольно неравномерное освещение. Тем не менее, коллекции растений там были весьма впечатляющие. Позднее оранжереи становились все более легкими и изящными. Это были достаточно презентабельные павильоны, к стеклянным фасадам которых примыкали великолепные цветочные партеры, украшенные скульптурой в стиле барокко или классицизма на темы античной мифологии и библейских сюжетов. В этих павильонах, в отличие от зимних садов, входящих в здания и составляющих часть общего объема дома, легче было поддерживать необходимый температурно-влажностный режим без ущерба для пребывания людей. Оранжереи «Зимние сады» — большие, архитектурно спланированные и весьма декорированные, очень светлые помещения, с большими оконными проемами, либо сплошным остеклением стен и крыши, как правило, примыкающие к центральной части здания, подчас перекрытые куполом для дополнительного освещения.

Продолжалось развитие проектирования оранжерей как специфических объектов архитектуры, имеющих особенности и потребности в больших стеклянных плоскостях фасадов и крыш, металлических конструкциях, системах проветривания и обогрева. Великолепный «Пальмовый дом» — оранжерея, созданная архитектором Децимусом Бертоном и металлургом Ричардом Тернером в 1848 году, произвела фурор благодаря своим размерам, использованию новых технологий и конструкций, разработанных садовником Пакстоном, а также уникальной богатейшей коллекции в Европе, представленной посетителям Королевского ботанического сада в Кью в Лондоне. Здесь выращиваются растения большого хозяйственно-экономического



Рис. 1. Оранжерея в Летнем саду. Петербург

значения, дающие вкусные и полезные плоды, древесину, специи, волокна, сырье для духов и лекарств и, конечно, невиданной красоты, размеров, цветения, цвета и форм растения-экзоты.

А что же у нас на родине? Смотрим на план города Гродно 1780 года, район строящейся «Городницы» (рис. 2), план ботанического сада, основанного французским ботаником, доктором медицины Жаном Эммануэлем Жилибером. Приятно заметить — первый в Речи Посполитой. В этом саду тоже есть оранжерея, в которой из семян и саженцев растений возникает коллекция растений тропиков и субтропиков. Возможно, эта оранжерея была одной из первых на территории нынешней Беларуси, которая служила великим целям ботанической и медицинской науки. Жаль, что сад просуществовал всего 6 лет.

Позднее, на землях нынешней Беларуси, возникали оранжереи и зимние сады во владениях аристократов, шляхты, а затем и буржуа. Оранжерея — «Зимний сад» гомельского дворцово-паркового ансамбля Румянцевых и Паскевичей, возникшая при графе Румянцеве и перестроенная из сахарного заводика находится в парке возле великолепного дворцового комплекса и жива и по сию пору. Даже сохранилась столетняя красавица-пальма, хотя конечно «годы берут свое». Оранжерея, без сомнения, требует реконструкции и восстановления «аутентичного ассортимента», тех видов растений, которые произрастали в ней при владельцах, списки, к счастью, сохранились.

Российская аристократическая верхушка, представителями которой были Румянцевы и Паскевичи весьма активно стала устраивать зимние сады в своих владениях. Это и отдельные оранжереи, и зимние сады внутри дворцовых комплексов. Царские фавориты задавали тон в блеске и роскоши своих жилищ и парков. Одним из крупнейших зимних садов был Зимний сад в Таврическом дворце, самом крупном строении того века, для графа Потемкина, дворец и сад в нем стали эталоном русской дворянской усадьбы. Строительство было завершено в 1789 году, сад просуществовал до 1906 года, на месте был устроен зал заседаний Государственной думы.

Период XIX века период наступления технического прогресса и строительства крупных оранжерей и зимних садов с применением разных конструктивных схем, современных материалов и технологий, типов расположения (отдельно стоящих, в виде пристройки, или встроенного в объем) зимнего сада.

План Городницы, включающей территорию ботанического сада. Гродно 1780 г. Выкопировка из плана Гродно 1780 г., находящегося в Центральном государственном всесоюзном историческом архиве



Рис. 2. План Городницы г. Гродно, 1780 г., включающий план ботанического сада с оранжереей

В последние десятилетия XX столетия возвращение зимних садов стало возможным благодаря новым технологиям, оборудованию, материалам и конструкциям. Концептуальный подход возвращения природы в город дал толчок архитекторам, дизайнерам, ландшафтным и озеленителям вносить зеленые зоны в интерьеры и экстерьеры зданий. Зеленые насаждения все более динамично входят внутрь зданий, создавая зеленые стены, зеленые зоны, зеленые коридоры отдельные фитокомпозиции. Фитодизайн стал неотъемлемой частью пространства города и объема отдельного жилища.

В настоящее время зимние сады быстро обрели популярность во многих странах и на всех континентах. Широко используются при строительстве зданий и сооружений, имеющих различное функциональное назначение: выставки, рестораны, офисы, торговые и развлекательные комплексы, промышленные предприятия, индивидуальные дома и др. Научно-техническая революция дала толчок для развития зимних садов. Ведется активное строительство крупных торговых пассажей со стеклянными крышами, куда обязательно входит зимний сад с разнообразными зонами для досуга взрослых и маленьких посетителей. Наибольшей популярностью зимние сады пользуются в странах с холодным климатом, где есть традиция тесного общения с природой. В этом отношении бережное отношение к природе жителей Скандинавии сделала их инициаторами идеи объединения жилого пространства дома с зимним садом.

Современные климатроны демонстрируют технические возможности создания разных климатических зон планеты от альпийского пояса до влажных тропиков и мангровых лесов, а также их типичную растительность и редкие исчезающие виды.

Примеры

Приведем несколько примеров объектов, типичных для строящихся оранжерейных комплексов общественного назначения, или, напротив, уникальных зимних садов в структуре многофункциональных комплексов, чтобы увидеть, куда движется мир с его желанием сохранить природу на планете, в городе, в жилище. Каковы же тенденции проектирования и строительства дня сегодняшнего в деле создания зимних садов.

Ботанический сад Ёмиджи на острове Чеджу (Южная Корея). Здание «климатрона» построено относительно недавно, в 1992 году. Оранжерея включает в себя главный холл, наблюдательную башню с лифтом и видовой площадкой, кактусовый сад, сад джунглей, цветочный сад, сад тропических фруктовых деревьев и водный сад. В оранжерее собрано 1200 видов растений [4].

Авторы проекта создали поистине шедевр архитектуры, вписав в общую концепцию здания не только современные требования к устройству тепличных комплексов, но и все последние дизайнерские достижения в этой области.

Международный аэропорт Changi в Сингапуре (рис. 3). Лучший аэропорт мира, это целый город с садами и цветочными композициями, садом бабочек, подсолнухов и орхидей, деревьями и зелеными оазисами и зелёной стеной, всеми удобствами для комфортного пребывания и развлечениями.

«Ecorium Project» национального экологического института Южной Кореи (рис. 4) — крупномасштабный заповедник, состоящий из комплекса экологических куполов, с образовательным центром и мощным экологическим центром исследований. Павильоны Ecorium включают в себя 33000 квадратных метров заповедника, в том числе массивов крупных дикорастущих растений, а также, площади водно-болотных угодий. В оранжереях представлены передовые системы, способные регулировать внутренние условия содержания растений [5, 6].

Проект «Эдем» (англ. Eden Project). Ботанический сад в графстве Корнуолл в Великобритании включает оранжерею, состоящую из нескольких геодезических куполов, под которыми собраны растения со всего мира. Площадь оранжерей составляет 22 000 м² [7].

Тропический парк Gardens by the Bay («Сады у залива»). На берегу залива Марина Бэй в центральном районе Сингапура находится удивительный тропический парк Gardens by

the Bay («Сады у залива»). Он представляет собой огромную парковую зону, охватывающую 101 гектар мелиорированных земель. Парк состоит из трех садов: Восточного, Южного и Центрального, которые посвящены флоре Африки, Южной Америки и Азии. «Сады у залива» в Сингапуре — неотъемлемая часть стратегии сингапурского правительства, заключающейся в превращении Сингапура из «Города-сада» в «Город в саду» в целях повышения качества жизни путем озеленения. Публичное оглашение идеи создания такого масштабного проекта состоялось в 2005 году, а официальное открытие уникальных футуристических садов пришлось на июнь 2012 года [8].

А теперь вернемся из дальних стран домой, поговорим о своих трудах. Это «зимние сады» нескольких крупных общественных зданий в г. Минске.

Наши разработки

Проектное решение. Составление проекта зимнего сада — довольно сложная творческая работа, требующая знаний архитектора, ландшафтного архитектора, инженеров-строителей и, универсальных агротехнических знаний в области ухода и выращивания растений при дальнейшей эксплуатации зимнего сада. Потребуется знания о требованиях отдельных видов растений к составу и объему питательных грунтов, температурному и влажностному режиму в разные периоды вегетации, освещенности, знания о болезнях и вредителях растений и способах борьбы с ними. Целесообразное и рациональное размещение зеленых зон, подбор оборудования для полива и дождевания, устройство системы притенения, освещения, вентиляции и проветривания, устройство системы дренажа и удаления избытков влаги, все это инженерные задачи которые должен решить проектировщик для того, чтобы сад в дальнейшем приносил удовольствие, а не хлопоты по устранению ошибок.

Концепция. Принимая решение строительства зимнего сада, разрабатывается основная идея, концепция — определяющая какие функции он несет, какие виды деятельности в нем будут осуществляться, определяется идея ландшафтного решения, виды материалов стен, покрытий, цветочниц и пр. Главное — образ зимнего сада, его стилевое решение, на основе которого разрабатывается ассортимент растений. Все вышесказанное касается проектирования крупных зимних садов в общественных зданиях, библиотеках, торговых и развлекательных



Рис. 3. Международный аэропорт Changi в Сингапуре

центрах, оздоровительных и учебных заведениях, офисах, строительства общественных оранжерей в парках и музеях, в том числе оранжерей в ботанических садах.

В нашем городе существует ряд общественных зданий, в которых в советский период были созданы зимние сады в холлах, вестибюлях, галереях, к созданию которых имеет отношение и Центральный ботанический сад.

Осуществленные проекты. В Центральном ботаническом саду НАН Беларуси, специалистами сектора ландшафтной архитектуры и фитодизайна совместно с ведущими проектными организациями города УП «Минскпроект» и РУП «Институт Белгоспроект» были проведены работы по разработке проектной документации на зимние сады в общественно значимых зданиях города Минска (рис. 5, 6):

Проект создания Зимнего сада и озеленения интерьеров в здании «Дворец Независимости»

Проект создания Зимнего сада и озеленения интерьеров усадьбы «Красносельское».

Проект внутреннего озеленения «Экзотариума Минского зоопарка».

Проект внутреннего озеленения Национальной библиотеки Беларуси (НББ).

Проект озеленения Экспозиционной оранжереи ЦБС НАН Беларуси.

Проект озеленения Зимнего сада многофункционального комплекса Белгазпрома.

Перед сектором ландшафтной архитектуры и фитодизайна ГНУ «Центрального ботанического сада НАН Беларуси» ставятся следующие задачи по проектированию зимних садов:

- разработка концепции архитектурно-планировочного и стилового решения, обоснование ассортимента растений;
- разработка ассортимента растений по эколого-биологическим требованиям;
- разработка технических условий к помещению Зимнего сада для обеспечения благоприятного роста и развития растений (температурный, влажностный, водный и световой режим);
- разработка ландшафтных приемов, компоновка растительных групп, композиционные решения;
- разработка планов размещения растений (дендропланы) с необходимыми ведомостями, спецификациями;
- эскизная проработка дизайна емкостей, цветочниц, керамики, зеленых зон;

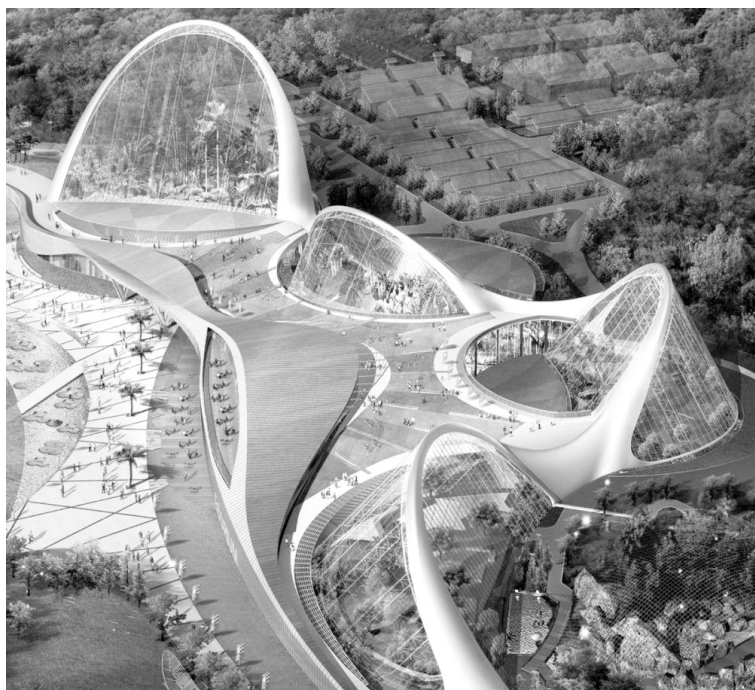


Рис. 4. «Ecorium Project» Национального экологического института Южной Кореи

- конструктивные разрезы и сечения зеленых зон с указанием дренажных, почвенных и декоративных слоев, ведомости объемов используемых материалов;
- схемы размещения типов грунтов, мульчирования и декоративных засыпок;
- рекомендации по организации озеленительных работ в Зимнем саду;
- регламент обслуживания Зимнего сада (мероприятия по уходу за растениями).

Богатый ассортимент тропических и субтропических декоративных растений открывает перспективы его использования в интерьерах и Зимних садах административных и общественных зданий. Самый главный критерий — разработка ассортимента растений «компромиссного» для условий комфортного пребывания человека. При разработке ассортимента растений нами использовались основные критерии отбора: устойчивость к пониженной влажности в отопительный период, адаптационные качества к климатическим характеристикам помещений, устойчивость к низкому порогу освещенности [1].

При проектировании зимнего сада нами предлагается ассортимент тропических (сухих и влажных тропиков) и субтропических растений. Зимнее цветение обеспечивают популярные виды и сорта: антуриумы, спатифиллумы, орхидеи, бромелиевые растения (вриезия, гусмания, эхмея). Аромат в зимний сад принесут цветущие деревца лимонов, каламондинов и других цитрусовых. Доминантными растениями в зимнем саду являются пальмы, а именно: хризалидокарпусы, вашингтонии, говеи, хамедореи. Деревья фикуса Бенджамина, выращенные традиционным способом или имеющие стебли в виде плетеных стволов также являются очень привлекательными акцентами в саду. Великолепные цикасы, напоминающие своей кроной маленькие пальмы могут быть установлены на пьедесталы, колонны и другие опоры. Очень декоративная листва различных видов и сортов диффенбахий, калатей, аглаонем, стромант, пеперомий демонстрирует многообразие окраски листьев южных растений, среди которых встречаются и пестролистные, и белоокаймленные, и сизые, и пурпурные формы. Архитектурные детали, формы, вазы, беседки, колонны можно украсить вьющимися растениями среди которых: плющи, эпипремнумы, филодендроны [2].

Основные технологические требования к поддержанию микроклимата в зимнем саду, разработанные на основе особенности выращивания растений — один из важнейших разделов технического задания на разработку проектной документации. В зимних садах предусматривают соблюдение определенных температурно-влажностного и светового режимов



Рис. 5. Пример визуализации Зимнего сада



Зимние сады

Рис. 6. Примеры реализованных проектов по внутреннему озеленению

которых, в отличие от специализированных оранжерей, должно быть приемлемым как для растений, так и для посетителей [3].

Нашим белорусским архитекторам, инженерам и ботаникам открывается возможность по созданию у нас в Центральном ботаническом саду современного многофункционального Оранжерейного комплекса-климатрона.

Список литературы

1. Рюкер К. Большая энциклопедия комнатных растений. — Москва: АСТ-Астрель, 2006 г. — 479 с.
2. Козупеева Т. А., Лештаева А. А., Миллер С. А. Цветы в интерьере и зимние сады на крайнем Севере. — Ленинград: Наука, 1985 г. — 119 с.
3. Хесайон Д. Г. Все о теплицах и зимних садах. — Москва: Кладезь-Букс, 2009 г. — 128 с.
4. Ботанический сад Ёмиджи на острове Чеджу (Южная Корея) / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.liveinternet.ru/users/5950337/post384595447/>
5. Валицкая Г., Пузанкевич Е.. На стыке науки и искусства/Наука и инновации. — 2016 г. — № 5. — с. 17–21.
6. «Проект Экориум» Национального экологического института / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://archi.ru/projects/world/6469/proekt-ekorium-nacionalnogo-ekologicheskogo-instituta>.
7. Проект «Эдем» / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Проект_«Эдем».
8. Футуристические сады у залива, Сингапур / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://udivitelnoe.temaretik.com/1040567877210475253/futuristicheskie-sady-u-zaliva-singapur/>.

Инновационные газонные технологии для улучшения окружающей среды Арктики

Иванова Л. А.

*Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН,
г. Апатиты, Мурманская область, Россия, ivanova_la@inbox.ru.*

Резюме. Представлены сведения об инновационных природосберегающих технологиях, позволяющих в короткие сроки в экстремальных условиях Арктики на урбанизированных и техногенно нарушенных территориях формировать высокоустойчивые растительные сообщества.

Innovative lawn technologies for improving the environment in the Arctic. Ivanova L. A. **Summary.** The article presents information on innovative environmentally friendly technologies that make it possible to form highly stable plant communities in the extreme conditions of the Arctic in urbanized and technologically disturbed territories in a short time.

Травяно-дерновый покров газонного типа является одним из важнейших элементов любого декоративного зеленого устройства. Он сокращает антисанитарную (пыле- и грязеобразующую) площадь населенного пункта. Чаще всего газоны создаются по классической технологии, при которой большое внимание уделяется подготовке почвы, повышению ее агрохимических показателей и питательных режимов, затем — выбору газонных трав, посеву семян, мероприятиям по уходу за газоном (Создание..., 2004).

В неблагоприятных климатических условиях Крайнего Севера создание качественного газона осложняется низкими осенне-весенними и кратковременно высокими летними температурами, частыми и обильными осадками, аномально коротким вегетационным периодом, сильными ветрами, дефицитом и бедностью почвенных ресурсов. Отдельной проблемой является отсутствие в регионе торфоразработок как источника насыпного грунта для создания газонных ценозов, трудоемкость и дороговизна мероприятий по повышению плодородия местных почв с исходно низким питательным статусом. В силу указанных причин очень важен поиск, разработка и применение природосберегающих способов формирования газонных ценозов без изъятия плодородного слоя на других территориях региона, поскольку в северных широтах это неизменно переводит их в категорию нарушенных.

За период 2004–2016 гг. сотрудниками КНЦ РАН запатентован ряд инновационных экспресс-технологий создания высококачественного травяно-дернового покрова (Иванова, 2009; Иванова, 2011 а, б, в; Ivanova, 2011), в основе которых комплексное использование многолетних травянистых растений, местных влагоемких субстратов-почвозаменителей (термовермикулит, древесные опилки) и горнопромышленных отходов-мелиорантов.

Разработанные технологии характеризуются универсальностью, поскольку позволяют создавать растительные сообщества как в защищенном, так и в открытом грунте. Это могут быть интерьерные, партерные, садово-парковые, луговые и спортивные газоны, специальные (защитные, экосанитарные) культурфитоценозы, а также зеленые кормовые коврики для животных. Технологии просты и значительно расширяют возможности ускоренного формирования газонных ценозов в Заполярье. При благоприятном интервале температур воздуха (10–18°C) их в условиях открытого грунта Заполярья можно создать в течение 7–14 дней, при пониженных (2–10°C) —

3 недели. Конечным продуктом является изумрудно-зеленый, плотный (700–2600 стеблей/дм²) травяно-дерновый покров.

На протяжении 2005–2010 гг. инновационные экспресс-технологии многократно применялись для создания декоративных газонов и озеленения интерьеров. В большей степени использовался способ настила ковровой травяной дернины. Методы прямого посева и ремонтной смеси применяли реже и в основном как вспомогательные либо, в особых случаях, когда имели место дефицит времени, неровная поверхность. Инновационным технологиям дана высокая оценка, определены достоинства производимой растительной продукции, отмечено гармоничное сочетание качества, цены и скорости формирования растительного покрова широкого спектра назначения, видового состава и плотности, в том числе на территориях, имеющих сложный рельеф (Иванова, 2013).

Позднее был проведен ряд комплексных лабораторных и опытно-промышленных испытаний инновационных технологий в экстремальных условиях — при проведении работ по реабилитации различных категорий нарушенных земель (на отвалах отходов рудообогатения — хвостохранилище апатито-нефелиновой фабрики-2 АО «Апатит»), опытных нефтезагрязненных территориях (г. Мурманск), техногенных пустошах вблизи медно-никелевого производства (пл. Мончегорск АО «Кольская ГМК»).

В задачу этих исследований входило:

1. Модификация ранее разработанных инновационных газонных технологий для целей реабилитации техногенно-нарушенных территорий путем формирования высококачественных культурфитоценозов;
2. Оптимизация видового состава травосмесей для конкретных условий и объектов исследования;
3. Проведение апробации рекультивационных культурфитоценозов для реабилитации территорий с различными типами нарушения и загрязнения.

Апатитонепфелиновое хвостохранилище. Пыление хвостохранилищ АО «Апатит» остается главной экологической проблемой г. Апатиты. В конце августа 2006 г. для создания искусственного фитоценоза на модельном экспериментальном участке хвостохранилища (склон северо-западной экспозиции с уклоном 45°) с полностью отсутствующей растительностью была постелена ковровая травяная дернина общей площадью 100 м². Размещение осуществлялось поперек склона зигзагообразными шевронами шириной 0,5, длиной 10 м с интервалом между ними 0,5 м. Планировки поверхности склона, его выполаживания и землевания не проводилось. Для создания дернины использована травосмесь из 8 видов растений — *Festuca rubra* L., *Poa pratensis* L., *Lolium perenne* L., *Leymus arenarius* L., *Chamaenerion anqustifolium* (L.) Scop, *Tussilago farfara* L., *Trifolium pratense* L., *Trifolium repens* L. Исходное состояние дернины: высота травостоя 7 см, плотность 2000.4±102.2 особей на дм². Отмечено быстрое (в течение недели) и качественное прирастание ее к песчаной поверхности техногенного грунта. В процессе развития его структура и состав постепенно усложнялись за счет естественной колонизации пионерной растительностью. При этом отмечено интенсивное зарастание внутренних оголенных межполосных участков. К концу третьего года проведения полевого эксперимента общее число видов на экспериментальном участке увеличилось до 20 — с доминированием лугового (50%) и рудерального (35%) цено типов адвентивной флоры, обеспечивающих 100%-е проективное покрытие модельного склона (Иванова и др., 2012).

Результаты исследований вошли в «Важнейшие результаты РАН в 2009 г.»

Нефтезагрязненные участки. В 2009–2013 гг. на базе существующей испытательной площадки в п. Дровяное проведены исследования по повышению эффективности биологической очистки почв от нефтезагрязнения. Метод основывался на сочетании ускоренного формирования растительного покрова и применения нефтеразлагающего биопрепарата Микрозим («ПЕТРО ТРИТ»). Эксперименты проводились в 4-кратной повторности с разной степенью загрязнения грунта нефтепродуктами (НП).

Для создания растительного покрова на участках, загрязненных мазутом (содержание НП 4.7%), применяли экспресс-способ прямого посева. Использовалась следующая травосмесь:

Phleum pratense L., (25%), *Bromus inermis* Leyss. (25%), *Festuca rubra* (20%), *Lolium perenne* (20%), *Poa pratensis* (10%). Во всех вариантах опыта отмечено интенсивное прорастание семян. На 6-й день эксперимента был сформирован плотный зеленый растительный покров из проростков высотой 5–7 см, в котором были представлены все использованные виды трав, среди которых доминировала тимофеевка луговая. Анализ полученных результатов показал, что использованный в эксперименте биопрепарат Микрозим способствует существенному улучшению качества сформированного в эксперименте растительного покрова (Иванова и др., 2014).

Техногенные пустоши. В 2009–2010 гг. проведена серия предварительных лабораторных опытов на грунте техногенной пустоши, отобранной вблизи пл. Мончегорск АО КГМК. В схему опытов были добавлены экранирующие слои из кварца (контрольный вариант) и карбонатсодержащие отходы обогащения апатит-магнетитовых руд (опытный вариант). Для их создания применена мелкодисперсная фракция отходов рудника «Железный» (АО «Ковдорский ГОК»), содержащая карбонаты 30%, апатит 10–20%, магнетит 10–20%, флогопит, слюды 20–30%. Отмечено активное проникновение корневой системы выращенного травяного покрова в мелиоративный слой из отходов и далее в загрязненный грунт. Это подтвердило эффективность предложенной технологии фиторемедиации высокотоксичного грунта в условиях отсутствия аэротехногенной нагрузки. В 2010–2016 гг. для проведения полевых исследований в условиях продолжающейся аэротехногенной нагрузки были выбраны 3 экспериментальные площадки (70 опытных делянок, каждая площадью 1 м²) на разном удалении от источника загрязнения. В эксперименте были испытаны технологии создания коврового травяно-дернового покрытия и метод прямого посева. Для формирования растительного покрова использовалась смесь семян из *Festuca rubra*, *F. pratensis* Huds., *Lolium perenne*, *Festulolium smaragdinum*, *Bromus inermis*, *Phleum pratense*, *Agropyron intermedium* (Host.) Beauv.). Схема опытов с применением экранирующего слоя из песчаных промышленных отходов-мелиорантов была расширена. Она включала 6 опытных вариантов: 1 — серпентинито-магнезит дробленый; 2 — серпентинито-магнезит термоактивированный (т/а); 3 — сунгулит дробленый; 4 — сунгулит термоактивированный; 5 — карбонатитовые отходы; 6 — флогопитовые отходы и 2 контрольных — песок (контроль 1); и контроль 2 — без использования мелиоративного слоя. Каждый вариант включал 3 повторности, высота слоя промышленных отходов составляла 10 см.

Растения на контрольных делянках без мелиорантов погибли в первый год эксперимента, а в контрольном варианте на песке имели угнетенное состояние. К концу эксперимента растительный покров на участках с экранирующим слоем имел 70–100% проективное покрытие, дернину мощностью 7–8.5 см, мощную корневую систему с проникновением корней в техногенный грунт на глубину 1.5–4.0 см. Отмечена высокая продуктивность надземной массы (0.5–1 кг/м² или 5–10 т/га), пролонгированное действие мелиоративного слоя на жизнеспособность растительного покрова в условиях продолжающейся аэротехногенной нагрузки: за два года корневая система растений полностью освоила слои мелиорантов и проникла на несколько сантиметров в техногенный грунт, что свидетельствует о снижении его токсичности под действием эффекта известкования (Кременецкая и др., 2015).

Диапазон сметной стоимости фиторемедиации нарушенных территорий на основе предложенных технологий, оцененный с применением профессиональной сметной программы А0, составляет 3.5–5.0 млн. руб./га, что сопоставимо с затратами на применение традиционных методов, предполагающих планировку территории и землевание.

Результаты исследований вошли в «Важнейшие результаты РАН в 2015 г.», были поддержаны хозяйственными договорами с АО «Кольская горно-металлургическая компания» №№ 3097, 3091, 3099.

Таким образом, предложенные инновационные газонные экспресс-технологии формирования высококачественного растительного покрова на урбанизированных территориях являются эффективными, позволяющими в кратчайшие сроки в экстремальных условиях Арктики создавать экологически устойчивые, имеющие перспективы к самостоятельному существованию и дальнейшему развитию, растительные сообщества, в том числе, и на техногенно-нарушенных землях.

Список литературы

1. Иванова Л. А. Способ создания экологически чистого покрытия и питательная среда для его выращивания: Пат. № 2393665, заявка № 2007126884, зарегистрировано в Госреестре изобретений РФ 10 июля 2010 г. РФ//20.01.2009. Бюл. № 2.
2. Иванова Л. А. Особенности ускоренного формирования высококачественных газонных фитоценозов в условиях Заполярья / Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр. / ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии, 2013. — Вып. 49. — С. 224–227.
3. Иванова Л. А., Кременецкая М. В., Иноземцева Е. С., Горбачева Т. Т., Корытная О. П. «Способ создания почвенно-растительного покрова при рекультивации нарушенных земель»: Патент на изобретение № 2484613, заявка 2011127453/13, 04.07.2011. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 20.06.2013 г. Бюл. № 17, а).
4. Иванова Л. А., Иноземцева Е. С., Кременецкая М. В. «Способ создания газонной дернины»: Патент на изобретение № 2477947, заявка 2011127457/13, 04.07.2011. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 20.03.2013 г. Бюл. № 9, б).
5. Иванова Л. А., Иноземцева Е. С., Кременецкая М. В. «Способ ускоренного формирования и ремонта газонов»: Патент на изобретение № 2477946, заявка 2011127455/13, 04.07.2011. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 27.03.2013 г. Бюл. № 9, в).
6. Иванова Л. А., Слуковская М. В., Иноземцева Е. С. Биоэкология: восстановление растительного покрова на техногенно-нарушенных территориях в условиях Кольского Севера на основе использования гидропонной экспресс-технологии // Инженерная экология. 2012, № 5(107). С. 14–31.
7. Иванова Л. А., Горбачева Т. Т., Слуковская М. В., Кременецкая И. П., Иноземцева Е. С. Инновационные технологии рекультивации нарушенных земель // Экология производства, 2014. — № 2. — С. 58–68.
8. Кременецкая И. П., Алексеева С. А., Рухленко Е. Д., Лацук В. В., Бастрыгина С. В., Иванова Л. А., Терещенко С. В. Материалы природоохранного назначения из отходов добычи флогопита // Экология и промышленность России, 2015. Т. 19. № 2. С. 18–23.
9. Создание и содержание городских газонов / Под ред. З. М. Уразбахтина. М.: Евролинц, 2004. 95 с.
10. Обручева Н. В., Антипова О. В. Физиология инициации прорастания семян // Физиология растений. 1997. Т. 44. № 2. С. 287–302.
11. Ivanova L. A. (en) Method for biologically recultivating industrial wastelands. (fr) procédé de remise en culture biologique de terres appauvries sur le plan technogène. (ru) Способ биологической рекультивации техногенно-нарушенных земель. Pub. No.: WO/2011/084079. International Application No.:PCT/RU2010/000001. Publication Date: 14.07.2011. International Filing Date: 11.01.2010. IPC: A01B 79/02 (2006.01), A01G 1/00 (2006.01), A01G 31/00 (2006.01).

Сравнительный анализ состояния озеленения дворов в г. Киев

Клименко А. В.

*Национальный ботанический сад им. Н. Н. Гришко НАН Украины, Украина,
klimat13@gmail.com*

Резюме. В наше время интенсивная застройка городов многоэтажками привела к увеличению площади парковок автомашин и к снижению количества зеленых насаждений. В современных жилых кварталах часто вместо зеленого оазиса территорию вокруг домов занимает асфальт с вазонами для цветов. Жизнь в «каменных джунглях» негативно влияет на здоровье человека. Кажется бы, всем понятно, что территорию зеленых насаждений нельзя уменьшать. Но проведенный нами мониторинг состояния благоустройства и озеленения микрорайонов и дворов в разных районах г. Киева свидетельствует, что этот вопрос решается неоднозначно. На основе проведенного мониторинга были составлены списки растений, которые растут на территориях дворов Левого и Правого берега г. Киева. Мы сделали сравнительный анализ качества озеленения и благоустройства микрорайонов и дворов города, и разработали предложения по их улучшению.

Kiev's courtyards landscaping condition comparative analysis. Klimenko A. V. **Summary.** In our time intense coverage of city territories with high-rise buildings has led to the rise of parking lot space and to the fall of the amount of landscaping. In modern living blocks instead of green oases, surrounding areas around houses often consist of asphalt with some flowerpots. Life in «concrete jungles» influences human health negatively. It would seem it must be a common knowledge that green areas should not be scaled down, yet microdistricts and courtyards of different Kiev city districts landscaping condition monitoring we've conducted shows that this problem is not being resolved univocal. Based on that monitoring lists of plants growing in courtyards on the Left and on the Right banks of Kiev were made. We've conducted a the landscaping quality comparative analysis of microdistricts and courtyards of the city and developed proposals for their improvements.

Согласно проведенного нами мониторинга были выявлены успехи и недостатки состояния благоустройства и озеленения микрорайонов и дворов в разных районах Киева. На жилых массивах Позняки, Печерские Липки, Левобережный, Вигуровщина и Троещина в некоторых дворах ассортимент растений не уступает ассортименту парков и составляет 20–30 наименований разных видов и сортов растений. В центре города возросло количество подземных парковок, что поспособствовало улучшению благоустройства дворов, однако на качество озеленения это почти не повлияло. Практически для всех микрорайонов города наибольший процент озеленения (70–80%) отмечен во дворах, созданных застройкой 70-ых — 90-ых годов 20-го века, а также во дворах многоэтажек начала 2000-х годов, если гаражи и большие автостоянки вынесены за дворовую территорию. Примером являются дворы вдоль улиц: Пражская, Миропольская, Космическая, Юности, Малышко, Бойченко, Краковская Днепропетровского района; дворы 9–10–11–12-ти этажных домов на Кловском спуске, по улицам: Омеляновича-Павленко, Аистова, Институтской в Печерском районе. Озеленение в этих дворах отличается интересным ассортиментом растений и ландшафтными композициями. В придомовых полосах — цветы и кустарники. Во дворах полузакрытого типа по улице Омеляновича-Павленко есть бювет питьевой воды и площадки отдыха под навесами, небольшие встроенные автостоянки, искусственный водоем с

фонтанчиками. Дорожки обсажены бордюром из кустарников и цветов. Во дворах закрытого типа по улице Кловський спуск площадки отдыха и сушки белья оборудованы навесами от дождя. Вокруг детских площадок установлены лавочки для отдыха взрослых. Площадки отдыха украшают цветники. Парковки автомашин вынесены за территорию двора и находятся около магистрали. Дворы закрытого типа на сложном рельефе застройки 70-х годов 20-го века по улицам Ивана Кудри и Чигорина занимают большую площадь, хорошо благоустроены и озеленены. Зона отдыха и детские площадки находятся в тени больших деревьев на террасах, поэтому эти дворы выполняют роль небольших парков и скверов жилой застройки микрорайона. Лучшими примерами удачного озеленения и благоустройства в Голосеевском районе можно считать тенистые дворы по улице Большая Васильковская, 90, 92, 94, 102 и по улице Никольско-ботаническая, 17/4, 27/29. Процент озеленения в этих дворах составляет 60–70%. Все площадки отделены от автостоянок и гаражей плотной посадкой деревьев и высоких кустарников. Интересным примером является двор закрытого типа на террасах (застройки начала 20-го века) на улице Тарасовской, 18. Террасы ограждены подпорными стенами, и поэтому изолированные от дороги. На первой уютной террасе размещена детская площадка с игровым комплексом и лавочками для отдыха взрослых. На второй террасе расположена площадка отдыха в виде небольшого скверика с дорожками, лавочками, цветами, деревьями и кустарниками. Гаражи и автостоянка расположены около электроподстанции в конце двора. Двор изолирован от соседних новостроек и машин металлической сеткой и посадкой деревьев.

Однако озеленение и благоустройство во дворах новостроек в центре города, кроме элитного строительства, почти отсутствует, поэтому жильцы таких домов используют для отдыха территории ближайших парков, скверов или соседних дворов. Не в лучшем состоянии озеленение и благоустройство старой 2–3 этажной застройки 40–50-х годов 20-го века, где озеленение практически всех дворов однотипно и составляет 40%. Площадь в 60% занимают гаражи, сараи-погребя, дорожки, небольшие площадки. Спортивные площадки почти везде отсутствуют. Озеленение этого периода строительства в Днепровском районе находится в наилучшем состоянии. В некоторых дворах ассортимент небольшой, но качественный, с преобладанием сосны обыкновенной. Через большую плотность застройки в Печерском районе территория жилых дворов в центре города небольшая, большая часть дворов заасфальтирована. В некоторых дворах территория озеленения уменьшена за счет размещения электроподстанций и открытых парковок автомобилей. Через малую площадь дворы озеленяют в основном кустарниками и цветами. Количество деревьев и кустарников ограничено несколькими единицами, их ассортимент упрощен и составляет от 3-х до 10-ти названий. Ассортимент растений вокруг домов увеличивается, если на первых этажах расположены магазины, офисы или аптеки, работники которых заботятся об озеленении подшефных им территорий.

В других районах и микрорайонах города эта тенденция повторяется: озеленение застроек с небольшой территорией двора, значительную площадь которого занимают парковки, проводится за счет отсутствия некоторых площадок, сортового ассортимента кустарников и цветов. В новостройках дворов домов по улицам Московской, Алмазова, бульвара Леси Украинки озеленение составляет всего от 2-х до 5-ти видов растений, большинство благоустроенных площадок отсутствуют. Площадки отдыха ограничены только лавочками у входа в подъезды домов. В центральной части Голосеевского района (улицы вокруг улицы Большая Васильковская) территории жилых дворов разных лет застройки значительно отличаются друг от друга в пределах одного микрорайона. Большинство домов с магазинами на первом этаже, но перед ними озеленение отсутствует.

В каждом дворе значительную площадь занимают открытые парковки, особенно в новостройках по улице Антоновича, где дворы полностью заасфальтированы, только цветы в вазонах. Малым ассортиментом растений отличаются новостройки закрытого типа по улицам: Лабораторной, Саксаганского, Тарасовской. Деревья растут перед домами со стороны улицы, но во дворах они отсутствуют. Рядом с современной детской площадкой расположена автостоянка и проезд. Дети играют рядом с машинами. Озеленение дворов закрытого типа (смешанной за-

стройки начала 20-го века, «сталинки», здания 1970-х годов) по улицам Лабораторной, Антоновича, Большой Васильковской составляет 30–40–50–60%, что значительно лучше, чем озеленение новостроек, где на первое место выходят открытые парковки.

На основе проведенного мониторинга были составлены списки растений, которые растут на территориях дворов в Киеве. Это общие списки растений, произрастающих во дворах некоторых микрорайонов Левого и Правого берега Киева. Однако озеленение и благоустройство дворов на обоих берегах города сильно отличается: одни дворы напоминают парки, а другие пустыри. Современные новостройки, где первые этажи занимают частные конторы, имеют озеленение по типу офисного.

В микрорайонах *Левого берега* Киева преобладают декоративные древесно-кустарниковые растения, меньший процент приходится на плодовые деревья и кустарники. **Ассортимент растений Левого берега Киева** составляет:

1. Декоративные деревья: тополя (Болле, душистый, черный (осокорь), пирамидальный), сосна обыкновенная, ель обыкновенная, вяз гладкий, клены (серебристый, остролистный, ясенелистный), конский каштан обыкновенный, дуб красный, сосна обыкновенная, робиния (псевдоакация, клейкая), липы (мелколистная, широколистная), дуб черешчатый, орех грецкий, береза повислая, рябины (обыкновенная, гибридная), ивы (белая, вавилонская), лохи (узколистный, серебристый), лещина медвежья, скумпия обыкновенная, катальпа бигониевидная, сумах пушистый, осина, ильм.
2. Плодовые деревья и кустарники: алыча, вишня, абрикос обыкновенный, груша, черешня (вишня птичья), облепиха крушиновая, яблони (домашняя, ягодная), шелковица белая, шелковица белая 'Pendula'.
3. Кустарники: арония черноплодная, сирень обыкновенная, садовый жасмин обыкновенный, таволги (японская, Вангутта, иволистная; сорта барбариса Тунберга, свидина кроваво-красная, сорта можжевельников, сорта роз, сорта таволги японской, самшит, форзиции, сорта сирени обыкновенной, карагана кустарниковая, бузина черная, бирючина обыкновенная, сорта свидины отпрысковой и свидины белой, можжевельник казацкий, сорта туи западной, сорта бересклета Форчуна, боярышники, снежноягодник мелколистный, шиповники.
4. Лианы: девичий виноград пятилисточковый.

На *Правом берегу* Киева ассортимент растений, произрастающих во дворах, немного отличается от ассортимента растений Левого берега Киева. На правом берегу во дворах больше сортовых растений.

Растения правобережных микрорайонов Киева:

1. Декоративные деревья: ель обыкновенная, ель колючая 'Glauca', ель колючая 'Kosteriana', ель сизая 'Conica', туя западная, туя западная 'Columna', лиственница европейская, осина, черемухи (поздняя, обыкновенная), ясень обыкновенный, тополя (Болле, Симона, черный (осокорь), пирамидальный), сосны (обыкновенная, черная), вязы (гладкий, шершавый), клены (серебристый, остролистный, явор, ясенелистный), конский каштан обыкновенный, робинии (псевдоакация, клейкая), липы (мелколистная, широколистная), дуб (обыкновенный, красный), орехи (грецкий, маньчжурский), береза повислая, рябины (обыкновенная, гибридная), ивы (белая, вавилонская), скумпия обыкновенная, катальпа обыкновенная, каштан съедобный, сумах пушистый.
2. Плодовые деревья и кустарники: слива домашняя, алыча, вишня, абрикос обыкновенный, груша, черешня (вишня птичья), облепиха крушиновая, яблони (домашняя, ягодная), шелковица белая, шелковица белая 'Pendula'.
3. Кустарники: сирень обыкновенная, садовый жасмин обыкновенный, таволги (японская, Вангутта, иволистная); калина обыкновенная, барбарис обыкновенный, барбарис обыкновенный 'Atropurpurea', сорта барбариса Тунберга, свидина кроваво-красная, сорта можжевельников, роз, таволги японской, самшит, форзиции, гортензия древовидная, кустовые розы, сорта сирени обыкновенной, сорта таволги японской, бузина черная,

бирючина обыкновенная, сорта свидины отпрысковой и свидины белой, можжевельник казацкий, низкие сорта туи западной, сорта бересклета Форчуна, боярышники, снежно-ягодник мелколистный, шиповники.

4. Лианы: девичий виноград пятилистковый, виноград обыкновенный.

Выводы и предложения

Согласно проведенному мониторингу, в каждом микрорайоне в лучшем состоянии находятся дворы застройки 1960–1990-х гг. с процентом озеленения 70–80%, где присутствуют почти все типы площадок (отдыха, детские, для сушки белья, спортивные, для сбора мусора). Мониторинг состояния дворов в разных районах Киева показал, что замена старого жилфонда на новостройки не улучшила благоустройство и озеленение дворов. Из-за большой плотности застройки и роста парка автомобилей в Киеве, территории жилых дворов, особенно в центре города, заасфальтированы, стоянки для машин находятся во дворах, что значительно ухудшает экологическую обстановку города. Парковки и гаражи должны быть вынесены за территории двора. Небольшая автостоянка может быть расположена в специально отведенных местах, например в конце двора, около электроподстанции. Настало время строить в каждом районе и в некоторых микрорайонах города кроме подземных, также наземные, крупные автостоянки башенного типа, которые позволят размещать автомобили на разных этажах и освободят пешеходные тротуары и проезды от открытых парковок. Процент озеленения должен составлять не меньше 40–70% от площади двора. Площадки отдыха желательно создавать в виде небольшого скверика с дорожками, площадками для настольных и подвижных игр. У входа в дома и в придомовой полосе должны расти только цветы и невысокие кустарники, не выше подоконника. Деревья можно сажать не ближе 5–15 м от окон жилой застройки, в зависимости от ширины кроны. Чем больше крона, тем дальше от окон следует сажать деревья. Залогом успеха в озеленении жилых территорий является соблюдение требований существующей нормативно-технической документации.

Вокруг каждой из площадок должно быть надлежащее озеленение. Возле детских площадок не должно быть колючих и ядовитых растений, таких как бузина черная, бирючина обыкновенная, боярышники, можжевельник казацкий, сумах пушистый. Не должно быть растений, засоряющих площадки скользкими, крупными плодами. Желательно высаживать красивоцветущие деревья и кустарники, такие как декоративные яблони, таволги. Другие деревья, дающие полутень, например клены. Спортивные площадки должны располагаться вдали от окон жилых домов.

Зона тихого отдыха должна состоять из прогулочной зоны и площадок разного назначения: а). площадки для настольных игр в домино, шашки, шахматы; б). площадки для молодежи; в). площадки для людей преклонных лет. На площадках должны быть установлены лавочки и столы, площадки оборудованы навесами. Вокруг можно рекомендовать посадки хвойных и лиственных деревьев в сочетании с красивоцветущими кустарниками и цветниками. Вдоль прогулочных дорожек можно рекомендовать высадить кустарники: дейции, вейгелы, садовые жасмины; для ранневесеннего цветения предлагаются посадки абрикосов и сортов кизила обыкновенного. Из деревьев рекомендуем декоративную форму клена остролистного 'Pendula', березы, декоративные яблони. Зону отдыха желательно оборудовать беседками, в которых можно спрятаться от жары и дождя.

Около подъездов и в придомовых полосах около окон жильцов не должно быть посадок деревьев, предлагается посадка низких и среднерослых кустарников и цветников. Из кустарников особенно подходят посадки невысокой спиреи, сортов свидины белой и пятилистника кустарникового. В цветниках можно использовать хосты, ирисы, астильбы, пионы.

Гарантией успеха в озеленении дворовых территорий является разработка системы подбора ассортимента растений, который украсит территорию двора с ранней весны до поздней осени. Эффектным является принцип дендрологических акцентов, который основан на подборе главного вида или рода растений на каждом отдельном участке, который входит в общую территорию внутриквартального озеленения.

Хвойные деревья и кустарники, а также листопадные растения с яркими побегами и корой, с плакучими и шарообразными формами кроны, украшают объекты внутриквартального озеленения даже зимой.

Композиционные приемы и подбор ассортимента растений для внутриквартального озеленения зависят от назначения того или другого участка жилой территории. При этом должны быть соблюдены максимальные удобства отдыха для жителей всех возрастных категорий с соблюдением санитарно-гигиенических норм. Озеленение должно быть выполнено с наибольшей изоляцией жилья и площадок от внутриквартальных проездов и дорог. Площадки отдыха и прогулочные дорожки должны быть удобными для отдыха и прогулок в тени, защищенными от господствующих ветров и пыли. Детские и спортивные площадки должны быть достаточно освещенными и защищенными от ветров, находиться вдалеке от всяческих проездов автомобилей, лучше внутри двора. Спортивные площадки нужно размещать как можно дальше от окон домов, чтобы не мешать отдыху жителей. При озеленении дворов надо учитывать современные нормативы градостроительства, которые позволяют избежать недоразумения между жителями разных этажей и ЖЭКом, а также учитывать интересы всех возрастных групп жильцов домов.

Перспективные сорта *Hemerocallis hybrida* hort., рекомендуемые для озеленения Жезказганского региона

Климчук С. К.¹, Селиванова К. М.², Климчук А. Т.³

Жезказганский ботанический сад, г. Жезказган, Республика Казахстан, fogkat3@yandex.ru

Резюме. В данной статье перечисляются и коротко характеризуются сорта *Hemerocallis hybrida* hort. для использования в различных видах озеленения в аридных условиях Центрального Казахстана.

Appreciable cultivars of *Hemerocallis hybrid* hort. recommended for Jezkazgan landscape gardening. Klimchuk S. K., Selivanova K. M., Klimchuk A. T. **Summary.** This article lists and briefly characterizes the varieties *Hemerocallis hybrida* hort. For use in various types of landscaping in arid conditions of Central Kazakhstan.

В суровых климатических условиях Центрального Казахстана особый интерес для озеленения представляют многолетние цветочно-декоративные растения, которые отличаются высокой декоративностью, жаростойкостью, холодостойкостью и зимостойкостью. Одним из наиболее распространенных многолетников является лилейник — *Hemerocallis* L. [1].

Одной из важнейших составляющих озеленения является цветочное оформление. В современном цветочном оформлении большое значение отводится многолетним растениям. Травянистые многолетники, в частности сорта лилейника гибридного, обладают некоторыми существенными достоинствами, которые способствуют их широкому применению в озеленении. В чисто ландшафтно-архитектурном отношении травянистые многолетники вполне могут заменить средние и низкие по высоте кустарники, так как значительно быстрее образуют сомкнутые куртины и достигают своих оптимальных параметров.

Современные сорта *Hemerocallis hybrida* hort. обладают продолжительным периодом цветения (в среднем около 45 дней), многие имеют ремонтантное цветение и отличаются цветками разнообразных форм, размеров и окрасок, фактуры цветка. По продолжительности и обилию цветения лилейники гибридные могут конкурировать с летними цветочными культурами, превосходя их по экономичности ухода [2].

В Жезказганском ботаническом саду с 1957 года испытано более 6 видов, форм и сортов лилейника. В настоящее время коллекция лилейников представлена 4 видами, 2 формами и 92 сортами немецкой и американской селекции. Среди них сохранились сорта ранней селекции — долгожители. Они представляют огромный интерес для зеленого строительства местного региона, так как обладают важным достоинством лилейников — хорошей адаптационной способностью. Среди других культур, подобных им по декоративности, трудно найти столь же нетребовательных к почве, местоположению, климатическим условиям [3].

Как показали наши исследования — лилейник гибридный является весьма ценным в декоративном отношении растением, причем в условиях региона с успехом можно использовать сорта как с отмирающими на зиму листьями, так и вечнозеленые.

Разнообразие отобранного нами сортимента позволяет использовать сорта *Hemerocallis hybrida* hort. в различных видах озеленения и создавать из них как самые простые, так и самые

сложные композиционные решения с включением их в состав газонов, больших групп однолетних и многолетних цветочных культур, кустарников и деревьев.

Низкорослые сорта с цветками маленького диаметра (*'Stella de Oro'*) и обильноцветущие сорта с цветоносными побегами, выступающими из листвы и цветками более крупного диаметра, как например *'Alice in Wonderland'*, *'Catherine Woodbery'* и *'Nob Hill'*, рекомендуем размещать на горках, у дорожек, для декорирования ручьев или использовать в качестве подстановочной культуры в контейнерах.

Крупноцветковые сорта ярких окрасок, с цветоносными побегами, высоко поднятыми над листвой (*'Triumph Flora'*) лучше использовать для солитерных посадок. Сорта с хорошо развитым кустом, мощными цветоносами и цветками контрастных окрасок (*'Catherine Woodbery'*, *'Naughty Marietta'*, *'Melody Lane'*, *'Autem Red'*, *'Golden Bell'*, *'Golden Dust'*, *'Lady Hesketh'*, *'Margarete Perry'* и *'Nob Hill'*), но близких по диаметру рекомендуется использовать для посадки перед кустарниками.

Для миксбордеров рекомендуются сорта, выровненные по высоте, из которых можно создавать композиции как в одной тональности (*'Bambi Doll'*, *'Chipper Cherry'*, *'Cherry Lace'*, *'Margarete Perry'*, *'Little Wine Cup'*, *'Erica'*, *'Croesus'* и *'Golden Giff'*) с различными переходами от одного оттенка к другому, от более светлых к более темным и наоборот, так и контрастные.

Общая продолжительность цветения изученных сортов *Hemerocallis hybrida hort.* составляет около 120 дней, что представляет особый интерес для использования в озеленении в аридной зоне Жезказганского региона. Наиболее длительным цветением отличаются следующие сорта *Hemerocallis hybrida hort.*: *'Stella de Oro'* (в течение 60–65 дней), *'Kwanso'* (в течение 30–35 дней), *'Catherine Woodbery'* (в течение 35–40 дней), *'Little Wine Cup'* (в течение 35–40 дней), *'Triumph Flora'* (в течение 35–40 дней), *'Lady Fermor Hesketh'* (в течение 35–40 дней), *'Chipper Cherry'* (в течение 35–40 дней), *'Conspicua'* (в течение 35–40 дней), *'Erika'* (в течение 40–45 дней), *'Autumn Red'* (в течение 40–45 дней), минимальный срок цветения у остальных сортов 19–20 дней.

Изученные сорта распределены по срокам цветения для создания длительно цветущих композиций.

Таким образом, успешно испытанный в интродукции в суровых почвенно-климатических условиях Центрального Казахстана и выделенный нами сортимент *Hemerocallis hybrida hort.* является весьма перспективным для использования в ландшафтном дизайне региона. С учетом сортовых особенностей возможно применение выделенного сортимента в различных типах цветочного оформления, для подавления сорняков, для солитерных посадок. Сажая лилейники, обычно создают группы растений или композиции, в которых компаньонами являются другие растения. При этом цветущие растения подбирают по принципу гармонии цвета или контраста. Высаживая рядом с другими растениями, следует учитывать их высоту, форму побегов и куста, окраску цветков, длительность вегетации и сроки цветения.

Исследование выполнены в рамках грантового проекта «Сравнительное изучение адаптационного потенциала цветочно-декоративных растений в условиях Восточного и Центрального Казахстана».

Список литературы

1. Баканова В. В. Цветочно-декоративные многолетники открытого грунта / К. — 1983. — 156 с.
2. Селиванова К. М., Климчук С. К. Лилейники — ведущая культура Жезказганского ботанического сада / — Жез.: 2010. — 25 с.
3. Селиванова К. М., Климчук С. К. Путеводитель отдела цветоводства Жезказганского ботанического сада / — Жез.: 2010. — 16 с.

Особенности внедрения пермакультуры на экологически стабильных территориях, как элемента эколандшафтного дизайна

Ласло О. А.

*Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина,
oksana.laslo@mail.ru*

Резюме. В статье приведены основные положения внедрения пермакультуры на экологически стабильных территориях как элемента эколандшафтного дизайна. Осуществлен анализ эко-концепции оформления территорий, которая имеет экологическую стабильность. Даны рекомендации по формированию флоры эколандшафта по принципу самофункциональной замкнутой экосистемы и совместных посевов растений по принципу аллелопатии.

Peculiarities of permaculture introduction on ecologically stable territories, as an element of ecological landscape design. Laslo O. A. **Summary.** The article describes the main provisions for the introduction of permaculture in ecologically stable areas, as an element of eco-landscape design. The analysis of the eco-concept of the design of territories that has ecological stability is carried out. Recommendations are given on the formation of the ecolandscape flora according to the principle of a self-contained closed ecosystem and joint planting of plants according to the principle of allelopathy.

Концепция устойчивого развития Украины создает условия для рассмотрения средств современного ландшафтного дизайна экологически стабильных территорий, на которых успешно развивается сельское хозяйство.

Ландшафтный дизайн в стиле эко — это не столько дань моде, сколько сознательный выбор людей, предпочитающих жить в гармонии с природой и не нарушать естественный экологический баланс той местности, где они проживают [2].

Система эколандшафтов на территории Украины отличается, прежде всего, целесообразностью размещения, своеобразным уходом, так как представляет собой гармоничную и самодостаточную экосистему. В этой системе флора и фауна тесно взаимосвязаны, и поддерживают жизнь друг друга.

Экологический ландшафт предполагает использование материалов естественного происхождения, которые встречаются в природе данной местности. Но это не значит полное отсутствие ухода за ними, а также отказ от элементов декора при оформлении территорий в стиле эко [1].

Эко-концепция оформления территории не исключает создания оригинальных обжитых островков с высаживанием на них культурных растений. Прежде всего, нужно постараться как можно меньше вторгаться в рельеф — он должен по максимуму сохранить свои природные очертания. Если возникает необходимость что-то менять, то лучше ограничиться корректировкой неудобных участков местности.

Природную растительность на территориях с экологическим дизайном тоже стоит сохранить в первозданном виде — она-то и будет взята за основу при формировании флоры эколандшафта. Внедрять новых «обитателей» лучше постепенно, предельно точно проверяя, насколько им подойдет то или иное место, и выполняя своего рода корректировку существующего ландшафта. Особую осторожность следует соблюдать при подборе культурных видов. Общеизвест-

но, что дикие растения практически не подвержены болезням и устойчивы к вредителям, чего не скажешь о селекционных экземплярах.

Необходимо помнить, что на экологически стабильных территориях не место химическим препаратам, а значит, культурные растения должны быть совместимы с той средой, в которую будут помещены.

Формировать флору эколандшафта нужно преимущественно из растений, типичных для дикой природы данного региона. Разумеется, никто не мешает высаживать на территории экзотические виды растений, вопрос только в том, насколько гармонично они впишутся в общую картину ландшафта и насколько им там будет комфортно.

Люди издавна использовали отдельные элементы пермакультуры, делая это интуитивно или взяв за образец природные экосистемы. Ее основным инструментом является пермадизайн, где все элементы системы находятся в тесной взаимосвязи [3].

Пермакультура старается создать естественную экосистему и отказывается от использования синтетических удобрений, пестицидов, регуляторов роста растений, кормовых добавок, генетически модифицированных организмов. Поэтому пермакультура удовлетворяет основным принципам органического земледелия, что особенно важно для аграрных регионов Украины.

Главные принципы пермакультуры на экологически стабильных территориях:

- все элементы системы взаимодействуют между собой;
- многофункциональность: каждый элемент выполняет несколько функций, и каждая функция выполняется несколькими элементами;
- рациональное и эффективное использование энергии во всех отношениях, работа с обновляемыми видами энергии;
- использование природных ресурсов;
- интенсивное использование систем на малой площади;
- использование и активное участие естественных потоков и круговоротов;
- многообразие вместо однообразия [4].

Наблюдая за экосистемой, можем утверждать, что только многообразие страхует биологическую систему. Оно поражает многочисленным видовым составом и продуктивностью без использования каких-либо удобрений, химических средств по борьбе с вредителями и болезнями. Множество биотопов (природных подсистем) формируют благоприятные условия для жизнедеятельности тех или иных групп флоры и фауны.

Говоря об эстетике экологически стабильных территорий, стоит сказать, что природа, как бы гармонична она ни была, может «не угадать» наших вкусов и предпочтений. Необходимо помочь ей, высаживая растения с учётом сезонов их цветения, оттенков, размеров, фактур, создавать композиции из деревьев и кустарников, цветов и злаков.

Вместо традиционной монокультурности, пермакультура предлагает смешанные посадки. Если специально подобранные разные виды растений живут рядом, между ними возникает не конкуренция, а симбиоз. Представителям разных видов требуются разные питательные вещества, более того, они даже помогают друг другу.

Элементами эколандшафтного дизайна могут быть растения, которые высевают и высаживают совместно.

В совместных посевах растений одной биологической группы неизбежно возникает конкуренция за воду, свет и минеральное питание. Чтобы свести эту конкуренцию к минимуму, необходимо строго соблюдать принцип дополнения. Это означает, что на одной грядке должны быть размещены растения с разными требованиями к свету, питанию и пространственной изоляции. Такой порядок размещения растений условно можно назвать принципом дополнения, который характеризуется следующими правилами.

Первое правило — сочетать виды с высокой и низкой потребностью в питании. Основная культура обычно требовательна, и располагать ее необходимо посредине грядки, где она имеет лучшие условия для питания. Сопутствующая культура менее требовательна, ей отводятся края грядки или междурядья.

Второе правило — располагать рядом растения с глубокой и разветвленной корневой системой. Они поглощают элементы питания из разных слоев почвы.

Третье правило — сочетать растения, отличающиеся по форме и потребностью в площади, тем самым уменьшая их конкуренцию за свет. Разветвленные растения основной культуры совмещают с более мелкими компактными растениями дополнительной культуры и располагают в междурядьях основной.

Четвертое правило — сочетать различные по высоте растения. Некоторые культуры чувствительны к воздействию ветра. Их состояние значительно улучшится, если они защищены от него рядами высоких растений (например, бобы, кукуруза).

В литературе по смешанным посадкам существует такой термин, как «растение-спутник» или «сопровождающее растение». Имеется в виду, что в смешанных посадках каждой культуре отводится своя роль. Одна культура — основная, другая — сопровождающая, назначение которой — создать для основной здоровую благоприятную среду, защитить почву от сорняков и высыхания, исполнив роль живой мульчи. В качестве сопровождающих растений чаще всего используют ароматические травы, цветы, зеленое удобрение, а иногда другие овощные культуры.

Ароматические травы, чьи листья выделяют большое количество летучих веществ, для многих огородных растений являются хорошими спутниками. Известный всем одуванчик выделяет большое количество газа этилена и ускоряет созревание плодов. Поэтому его соседство благоприятно для яблонь и многих овощных культур. Большинство ароматных трав (лаванда, шалфей, иссоп, петрушка, укроп, чабер, тимьян, ромашка) хорошо действуют почти на все овощи. Посаженные по краям грядки глухая крапива, валериана, тысячелистник делают овощные растения более здоровыми и устойчивыми.

К разряду растений-защитников относятся не только те растения-спутники, которые отпугивают насекомых, но и те, которые, образно говоря, запутывают их. Многие насекомые ищут по запаху растения, подходящие для питания. Например, по запаху находят капусту земляные блошки и капустная совка. Если посадить близко к капусте очень ароматные растения, например, тимьян или шалфей или опрыскать ее экстрактом этих трав, они заглушат запах капусты и сделают ее менее привлекательной для вредителей. Ароматические травы своим сильным запахом сбивают с толку вредителей и защищают огородные культуры. Поэтому рекомендуется базилик высаживать вблизи бобов для защиты от бобовой зерновки, чеснок — вблизи роз для защиты от тлей, петрушку — вблизи спаржи. Правда, действие трав оказывается не всегда одинаково.

При использовании ароматических трав для этих целей не следует забывать о конкуренции между растениями. Чтобы трава не разрасталась, и не заглушала основную культуру, ее следует высевать редкими вкраплениями в ряды или по краям грядок в виде каймы. Надо иметь в виду, что результатом защитного действия растений в смешанных посадках никогда не будет полное исчезновение вредителей, можно ожидать только сокращение их численности. Ореховые деревья, и особенно грецкий орех, отпугивают домашних мух и мух домашних животных. Поэтому ореховые деревья, растущие на пастбищах, очень облегчают жизнь лошадям и крупному рогатому скоту. Можно опрыскивать животных отваром из листьев ореха для отпугивания мух. Рута (*Ruta graveolens*) отпугивает мух, поэтому рекомендуется сажать ее в цветочных ящиках на окнах, вокруг навозных куч и помещений для скота. Посаженная у крыльца или на лужайке перед домом клещевина создает комфорт для любителей проводить летние вечера на открытом воздухе — она отпугивает комаров. Если посадить ее около заболоченных участков, размножение комаров замедлится. Комаров и мух отпугивает также пижма. Мята не любят муравьи. Если эту траву разбрасывать вокруг места, где хранятся продукты питания, она защитит его от вторжения муравьев. Сухие листья полыни горькой, розмарина, шалфея, лаванды и мяты отпугивают домашнюю моль, а растения томатов и экстракт из листьев полыни горькой — мух.

Растения-няньки можно располагать по краям сада или участков с овощами. Следует подбирать такие виды растений, которые цветут долго, меняя друг друга. Для этого подходят бар-

хатцы, алиссум, пижма, ромашка, маргаритки. Долгое время цветут чабрец, лаванда, иссоп, базилик, розмарин, душица. Их можно использовать как бордюрные растения.

Еще одна характерная особенность пермакультуры — ярусность, когда деревья, кустарники, овощи и травы растут вместе, друг над другом, как в лесу. Такая структура помогает повысить продуктивность, поскольку позволяет выращивать сразу несколько культур на одном участке. Отличительная черта пермакультуры — так называемые земельные гряды и кратерные сады, когда разные растения высаживают друг над другом ступенями. Благодаря такому методу увеличивается посевная площадь, а также возникают различные зоны микроклимата.

Пермакультура предлагает создание самофункционирующей замкнутой экосистемы, где использование законов природы сочетается с определенными эстетическими принципами, выражаемыми в ландшафтном дизайне [3].

Пути практической реализации этих принципов могут быть следующими:

- использование местных видов или тех видов, о которых заранее известно, что они приживутся в данных условиях. Бездумное использование потенциально агрессивных видов может привести к нарушению баланса в окружающей среде;
- разработка малоразмерных, энергоэффективных интенсивных систем вместо больших по размеру экстенсивных и энергоемких систем;
- использование поликультуры вместо монокультур, что обеспечивает стабильность и позволяет быть готовым к переменам, как экологическим, так и социальным;
- использование естественных (солнце, ветер и вода) и биологических (растения и животные) систем для сохранения и производства энергии;
- восстановление плодородия почвы [4].

Пермакультура соответствует основным принципам органического земледелия, поскольку старается создать естественную экосистему и отказывается от использования химических удобрений, пестицидов, регуляторов роста растений и генетически модифицированных организмов и семян. Именно поэтому использование пермакультуры как элемента эколандшафтного дизайна целесообразно внедрять на территориях, которым необходима экологическая стабилизация.

Список литературы

1. Одегов Н. Ландшафтный дизайн в стиле эко. / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.pro-landshaft.ru/articles/detail/2810/>.
2. Ландшафт жилой среды — новое качество жизни. / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.kolbasers.ru/ct/prom/3020/index.shtml>.
3. Синицына Е. Пермакультура. / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.cloudwatcher.ru/analytics/1/view/81/>
4. Хольцер Зепп Пермакультура Зеппа Хольцера: ч. 2. — Орел, 2010. — стр. 155.

О результатах исследований и новых разработках Национального ботанического сада им. Н. Н. Гришко НАН Украины по некоторым важнейшим направлениям улучшения общего состояния зеленых насаждений в г. Киев

Левон Ф. М., Левон В. Ф., Ильенко А. А.

Национальный ботанический сад им. Н. Н. Гришко НАН Украины, Киев, Украина,
vflevon@gmail.com

Резюме. В работе обосновывается необходимость разработки путей улучшения качества комплексного озеленения городов и поселков как одного из важнейших средств биологической защиты окружающей природной среды и ее оздоровления. Сообщается о подготовке третьего издания «Ассортимента деревьев, кустарников и лиан для озеленения в Украине»; об отобранных в городских фитоценозах устойчивых против каштановой минирующей моли формах *Aesculus hippocastanum* L., их местонахождении по GPS-навигации; о роли подасфальтового почвенного пространства в обеспечении древесных растений элементами минерального питания и влагой, об особенностях освоения под озеленение территорий, представленных намывными песками в киевском Левобережье.

Research and innovations results of M. M. Gryshko National Botanic Garden on Kiev urban plantations improvement. Levon F. M., Levon V. F., Ilenko A. A. **Summary.** The work in connection with growing anthropogenic impact on the environment the necessity to develop ways to improve the quality of comprehensive landscaping of cities and towns as one of the most important means of biological protection of the natural environment and its rehabilitation Reported on the preparation of the third edition of «the Assortment of trees, shrubs and vines for planting in Ukraine»; on selected plant communities of the city sustained against chestnut leaf miner moth forms of *Aesculus hippocastanum* L. and their whereabouts via the GPS-navigation; about the role podstanovok soil space in providing woody plants with mineral nutrients and moisture, features of the development by landscaping of the areas represented by alluvial Sands in the Left Bank of Kiev.

На современном этапе развития общества в связи с неизмеримо увеличивающимся техногенным воздействием на окружающую человека природную среду особенно актуальной становится проблема ее защиты и оздоровления. В успешном решении этой проблемы учеными и специалистами в настоящее время чрезвычайно большая роль отводится комплексному озеленению городов и поселков — одному из важнейших и доступных средств биологической защиты окружающей природной среды и ее оздоровления. К сожалению, в последние 2–3 десятилетия в Украине все заметнее начали проявляться признаки ухудшения общего состояния городских зеленых насаждений, снижение их долговечности, фиксировалось уменьшение их площадей, количества выращиваемого посадочного материала в декоративных питомниках. Специалиста-

ми озвучивались тревожные оценки, что существующие зеленые насаждения в ряде городов зачастую уже не в состоянии выполнять ожидаемые от них средозащитные и декоративные функции. А некоторые виды древесных растений, как например *Aesculus hippocastanum* L., оказались даже под угрозой гибели.

Это и обусловило необходимость поиска и разработки путей приостановки дигрессии озеленительных насаждений в городах и поселках и обоснования наиболее рациональных способов для улучшения их качества, сохранения и восстановления. В числе таких решений специалистами большая роль отводится улучшению видового состава городских зеленых насаждений, обогащению их таксономического состава новыми видами и формами растений. В этом аспекте нами в 2013 г. совместно с проф. С. И. Кузнецовым и проф. В. В. Пушкарем подготовлено и издано второе издание «Ассортимента деревьев, кустарников и лиан для озеленения в Украине» (под редакцией проф. Ф. М. Левона) [1]. В этом издании «Ассортимента...» впервые подано предложение относительно использования всех видов растений по экотопам. Рекомендаций по зональному использованию древесных растений (от зоны Полесья до Южного берега Крыма и от Закарпатья до Центральной степи) в настоящее время уже недостаточно. Дело в том, что в каждой зоне есть довольно разные экотопы по своим почвенным и микроклиматическим особенностям, и это необходимо учитывать. Классификацию современных городских экотопов предложил еще в 1998 г. А. А. Лаптев [4]. Согласно его классификации, выделялось 9 таких экотопов (лесных и лесопарковых массивов; городских парков, садов, скверов; жилищных массивов современной застройки; жилищных массивов старой застройки; территории промышленных предприятий; автотранспортные системы; насыпные пески; карьерные выработки; овражно-балочные системы и природные отслоения). В своей работе во время подготовки нового издания «Ассортимента...» мы модифицировали классификацию экотопов А. А. Лаптева и ограничились 6-ю типами экотопов, а именно: лесные и лесопарковые массивы; городские парки, сады, скверы; автотранспортные системы, промышленные зоны; придомовые территории, девастованные ландшафты. Считаем, что этих экотопов для определения того или иного ассортимента деревьев и кустарников достаточно [171]. В работе также приводится информация об экологических особенностях деревьев и кустарников, о ядовитости древесных растений, описаны важнейшие декоративные признаки, использование в типах посадок и др. Обоснована потребность дальнейшего изучения биологических и особенно экологических особенностей, отношения к эдафическим условиям древесных растений, используемых в озеленении, поскольку по многим из них такие сведения отсутствуют. Ныне начата подготовка третьего издания «Ассортимента...», так как есть большой спрос на эту работу. Обоснована потребность дальнейшего изучения биологических и особенно экологических особенностей древесных растений, используемых в озеленении, способов их размножения и увеличения количества описываемых видов и культиваров в новом издании, поскольку по многим из них такая информация отсутствует. В связи с тенденциями более частого повторения засушливых лет в Украине обсуждается вопрос о включении в «Ассортимент...» большего количества засухоустойчивых древесных растений.

В связи с инвазией каштановой минирующей моли и нависшей угрозой гибели конскокаштановых насаждений нами обосновано новое направление исследований [6], ориентированное на новое кардинальное решение проблемы селекционно-интродукционными методами — путем выявления в городских фитоценозах с дальнейшим внедрением в озеленение города перспективных по хозяйственно-ценным признакам видов и форм древесных растений рода *Aesculus* L., которые характеризуются высокой степенью толерантности к условиям городской среды и не повреждаются или мало повреждаются каштановой минирующей молью (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimic). Первая информация об этом векторе исследований нами обнародована в докладе о важнейших научных достижениях на ученом совете НБС им. Н. Н. Гришко в середине 2011 года, и впервые опубликована в статье «Оптимизация видового состава конскокаштановых насаждений как одна из важных предпосылок улучшения их общего состояния в г. Киеве в современных условиях» в материалах Международной научной конференции, посвященной 215-годовщине со дня основания Национального дендрологического парка «Софиевка» НАН

Украины (5–7 октября 2011 года, г. Умань). В рамках программы мониторинга состояния конскокаштановых насаждений в Киеве в пределах вида *A. hippocastanum* L. нами выявлено ряд индивидуумов, высокотолерантных в условиях урбанизированной среды и устойчивых против каштановой минирующей моли, их местонахождение зафиксировано В. Ф. Левонем с использованием GPS-навигации [5]. Полученная информация будет служить важным основанием для решения многих вопросов, связанных с реконструкцией городских зеленых насаждений, охраной документированных по хозяйственно ценным признакам деревьев, отбором растительного материала для введения в культуру *in vitro* с целью дальнейшего размножения и внедрения в озеленение города. Это направление работ перспективно и для других доминантных древесных интродуцентов. В пределах рода *Aesculus* L. наиболее стойкими в насаждениях Киева выявились конский каштан мясокрасный *A. carnea* Hayne, конский каштан восьмитычинковый *A. octandra* Marsh, конский каштан мелкоцветный *A. parviflora* Walt., которые и рекомендованы нами для использования в озеленении без предостережений.

В связи с обоснованием способов усовершенствования технологии посадки древесных растений на асфальтированных участках тротуаров вдоль городских улиц нами учитывалось, что в озеленении улиц города преобладают рядовые посадки деревьев в лунки в зонах тротуаров, рядом с проезжей частью. Условия местопроизрастания деревьев в таких насаждениях чрезвычайно сложные, поскольку они определяются отдельным или совместным действием многочисленных негативных факторов: загрязненностью воздушной среды пылью и газами, повышенной температурой воздуха при сравнительно низкой его влажности, неправильным подбором пород, ограниченным объемом почвы и объемом питания растений, односторонним выносом питательных веществ, недостаточной увлажненностью и засолением почвы, недостаточной аэрацией почвы вследствие ухудшения ее физических свойств, ухудшения условий деятельности почвенных микроорганизмов, накоплением продуктов разложения корней и т. п.

К специфическим особенностям условий местопроизрастания насаждений вдоль городских улиц относятся также наличие асфальтового покрытия в зоне тротуара, толщина которого вместе с основой (инженерной подготовкой почвы) может достигать 0,5 м и больше (рис. 27) [222], большое количество искусственных почв, очень неоднородных по составу и свойствам [432], негативные воздействия на корневые системы древесных растений электромагнитных полей, значительные нарушения гидрологического режима городских почв в связи с возрастающими статическими нагрузками в условиях застройки жилых кварталов многоэтажными зданиями [446], повышенная плотность почв в городских условиях, изменение состава почвенного воздуха, в том числе и вследствие возможных утечек из подземных газопроводов и т. п. Небезопасно для деревьев и излишнее нагромождение в почве ионов натрия и хлора вследствие применения хлористых солей для ускорения таяния снега и льда в зимний период.

Вполне допустимо, что решающая роль в обеспечении древесных растений элементами минерального питания и влагой в зонах асфальтированных тротуаров принадлежит подасфальтовому почвенному пространству, в котором сосредотачивается практически вся корневая система дерева. В рамках творческого сотрудничества с кафедрой физиологии растений и экологии Днепропетровского национального университета им. О. Т. Гончара (зав. кафедрой профессор Ю. В. Лихолат) это положение было подтверждено изучением элементного состава листьев конского каштана обыкновенного разной степени поврежденности из разных условий произрастания. Было засвидетельствовано, что корневые системы древесных растений в своем развитии не ограничиваются толщиной почвы в приствольных лунках (кругах), а охватывают (осваивают) значительно большее подасфальтовое почвенное пространство, не меньше, чем контурное проекцией кроны дерева. К сожалению, почти отсутствует информация относительно характеристики почв и особенностей развития корневых систем древесных растений в подасфальтовом почвенном пространстве в уличных насаждениях города.

Следовательно, первоочередными задачами по рассматриваемому направлению исследований должны были быть научный поиск и обоснование таких способов посадки деревьев, которые обеспечивали бы наиболее эффективное освоение подасфальтового почвенного простран-

ства заодно и потребность древесных растений в элементах минерального питания и воде. Таким образом, получение новой научной информации о строении и толще твердого покрытия тротуара, о развитии корневых систем используемых для озеленения древесных растений, закономерностей их формирования в таких условиях является важным и актуальным.

Из мер борьбы с омой наиболее надежным в условиях города остается механическое удаление пораженных омой ветвей, а при очень сильном поражении — полное удаление деревьев. По сообщению О. Миняевой [6], обрезка сильно пораженных ветвей через 2–3 года признана одной из наиболее эффективных мер борьбы с омой в плодовых садах, в зонах зеленых насаждений и на улицах городов (США). На период борьбы с омой рекомендуется ограничить использование в новых посадках робинии лжеакамии, тополя дельтовидного, кленов серебристого и ясенелистного, так как они наиболее поражаются в условиях г. Киев. Надо иметь в виду, что удаление деревьев тополя дельтовидного или омолаживающая обрезка его кроны заодно станет эффективной предупредительной мерой и против загрязнения воздуха «пухом» во время плодоношения. Вполне допустимо, что в перспективе надлежащее место займет использование биологических и химических средств борьбы с омой. В этом направлении уже имеются определенные разработки.

Дополнительно к обнародованным в последнее время новым научным разработкам по вопросам усовершенствования технологии создания городских зеленых насаждений (в том числе и в этом сообщении) авторами акцентировано внимание на важность освоения под озеленение территорий, представленных намывными песками в левобережной части города. По нашим наблюдениям, одной из первоочередных предпосылок успешного освоения таких территорий под озеленение должно быть нанесение на их поверхность слоя плодородной почвы, при необходимости полив и использование для посадки древесных растений (робинии лжеакамии, лоха узколистного, шелковицы белой и др.), способных формировать поверхностную корневую систему. Планируется продолжение исследований.

Список литературы

1. Ассортимент дерев, кущів та ліан для озеленення в Україні: видання држе, перероблене і доповнене /авторы Кузнецов С. І., Левон Ф. М., Пушкар В. В./ За ред. Ф. М. Левона. — К.: Друк «ЦП «КОМПРИНТ»», 2013. — 265 с.
2. Акимов И. А. Первое сообщение о появлении в Украине каштановой минирующей моли *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) на конском каштане обыкновенном *Aesculus hippocastanum* (Hippocastanaceae)/И. А. Акимов, М. Д. Зерова, З. С. Гершензон, Н. Б. Нарольский, А. М. Коханец, С. В. Свиридов // Вестник зоологии. — 2003. — С. 3–12.
3. Зеленые насаждения в антропогенно трансформированной среде: монография / Левон Ф. М., отв. ред. Н. В. Заименко. — 2-е изд., перераб. и доп. — К.: ННЦ «ИАЭ», 2014. — 320 с.
4. Лаптев О. О. Екологічна оптимізація біогеоценологічного покриву в сучасному урболандшафті / О. О. Лаптев. — К.: Укр. екол. акад. наук, 1998. — 208 с.
5. Левон Ф. М. Кардинальні напрямки поліпшення стану гіркокаштанових насаджень у Києві / Ф. М. Левон, О. О. Ільєнко, В. Ф. Левон // Роль ботаничних садів і дендропарків у збереженні та збагаченні біологічного різноманіття урбанізованих територій: Матеріали міжнародної наукової конференції (Київ, 28–31 травня 2013 р.). — Київ: НЦ ЕБМ НАН України, ПАТ «Віпол», 2013 — С. 99–101.
6. Миняева О. Распространение омы и борьба с ней (США) / О. Миняева // Сельскохозяйственная экспрессинформация. — М., 1975. — 34. [Plant Disease Reportwer. — 1975. — 59, 3. — P. 257–262.].

Современные тенденции цветочного оформления городов Беларуси

Лунина Н. М., Белоусова Н. Л.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
n.lun@cbg.org.by, natacbs@tut.by

Резюме. Изучение современного состояния цветочного оформления в городах Беларуси выявило ряд проблем в этом сегменте озеленения. Исследования и разработки Центрального ботанического сада НАН Беларуси по интродукции декоративных растений мировой флоры содействуют формированию новых подходов к ландшафтному дизайну населенных пунктов, обеспечивающих снижение затрат на содержание цветников и декоративного напочвенного покрова, повышение их разнообразия и эстетики.

Modern trends in floral arrangements of cities of Belarus. Lunina N. M., Belousova N. L. **Summary.** Studying of the current state of flower beds in the cities of Belarus allowed to reveal existence of a number of problems in this segment of gardening. Researches and developments of the Central botanical garden NAN of Belarus on an introduction of ornamental plants of world flora form new approaches of flower registration of territories of settlements of the charges of flower compositions providing decrease, increases of their variety and an esthetics.

Цветочное оформление — неотъемлемый элемент озеленения населенных пунктов, предприятия, влияющий на формирование комфортной для горожан визуальной среды. В последние годы в связи с появлением многочисленных телепередач и публикаций в интернете о цветниках и парках в разных странах мира и как следствие этого большей информированности людей возросла требовательность к качеству цветников и в целом озеленительных посадках.

В этой связи одной из задач лаборатории интродукции и селекции орнаментальных растений стало изучение состояния цветников городов Беларуси и последующая разработка рекомендаций по повышению их качества.

Анализ полученных данных показал, что к числу основных проблем цветочного оформления относятся: «бесцветочный» весенний период, отсутствие растений на затененных территориях, неоправданно широкое распространение (70–90%) дорогостоящих цветников из растений односезонного использования (однолетников), их ограниченный ассортимент. Установлено, что ассортимент городских цветников изменяется в основном за счёт увеличения числа сортов традиционно культивируемых однолетников (петуний, бархатцев, агератума, лобелии, цинерарии, львиного зева).

В то же время современные направления и тенденции в сфере озеленения предполагают более широкое использование оригинальных и экономичных многолетних культур, повышение разнообразия однолетних, создание цветников новых типов.

Следует также отметить, что прослеживается тенденция унифицирования ассортимента растений в городах, исчезновения цветочных традиций того или иного региона республики. В результате возникла новая проблема — однообразие цветочного оформления, особенно контейнерного.

Современное озеленение, безусловно, требует постоянного обновления ассортимента растений. Эта работа должна базироваться на научной основе — результатах комплексной оценки

растений, что позволит избежать материальных и трудовых расходов, нередких при попытках культивирования неустойчивых в нашем климате (или просто в культуре) растений.

В лаборатории интродукции и селекции орнаментальных растений ЦБС собраны самые крупные в стране коллекции многолетних (пионы, нарциссы, ирисы, малораспространенные многолетники и др.) и однолетних травянистых декоративных растений, лиан, рододендронов, роз. Ежегодно, в соответствии с тенденциями цветочной моды, коллекционный фонд пополняется новыми растениями. В настоящее время в коллекциях сохраняется около 6 тысяч видов и сортов всех садовых культур. Они прошли (или проходят) сравнительное изучение, по результатам которого получают оценку перспективности для озеленения.

Анализ результатов интродукции новых видов и сортов растений в ЦБС, состояния цветников в населенных пунктах Беларуси, изучение опыта цветочного оформления европейских городов, позволили выявить современные тенденции и сформулировать предложения по перспективам развития цветочного оформления городов республики на современном этапе.

Кратко их можно сформулировать следующим образом.

1. Расширение разнообразия ассортимента растений за счет представителей новых родов и видов, в т. ч. многолетних культур, а также видов флоры Беларуси, рододендронов, устойчивых сортов роз и снижение материальных затрат на создание цветочного оформления. Использование в местах общего пользования антивандальных растений.
2. Создание цветников новых типов (цветочные сады, сады декоративных трав, тенистые садики в парках и др.)
3. Сохранение этноботанических традиций.

Разработка нового ассортимента, подготовленного специалистами лаборатории, базировалась на результатах сравнительной комплексной оценки интродуцентов.

Ассортимент предлагается обновить за счет декоративно-лиственных растений, декоративных злаков. Декоративно-лиственные растения — важный элемент фитодизайна, который используют не только в качестве оттеняющего фона для других видов, но и для создания оригинальных композиций. Одни из них отличаются красивой формой листьев, другие эффектны благодаря необычной окраске, третьи привлекают крупными размерами. В настоящее время в ЦБС собраны около 200 видов и сортов растений этой группы. Наиболее многочисленны хосты, гейхеры, гейхереллы, баданы, барвинки, папоротники. Хосты представлены сортами из различных садовых групп, отличающихся как по окраске (зеленые, сизо-зелёные, голубые, золотистые, белоокаймлённые), так по размерам и текстуре листьев. Успешное культивирования сортов хосты возможно с учётом их требований к освещению. К примеру, на солнечных участках у одного из лучших гигантских сортов Sum and Substance листья из светло-салатовых превращаются в блеклые беловато-желтоватые. Его лучше выращивать на полутенистых участках. В то же время выделены сорта, которые сохраняют декоративность на разных по условиям освещенности участках и, именно благодаря такой универсальности, перспективны для зеленого строительства республики. Это сорт Krossa Regale с высокими (до 40 см) листовыми черешками и сизовой листовой пластинкой, миниатюрная 'Golden Tiara', Gypsy Rose, Dream Viewer и др.

По разнообразию окраски листьев вне конкуренции гейхеры и гейхереллы. Современный рынок предлагает десятки сортов этих растений. Однако не все они стабильно декоративны и устойчивы в наших климатических условиях. К числу наиболее устойчивых в местных условиях относятся сорта гейхереллы Solar Eclipse, Gunsmoke, гейхеры Lime Marmelade, Palace Purple, Brownies, Lipstick. Отмечено, что на солнечных участках не все сорта с розовой и красноватой окраской листьев хорошо развиваются. Для затененных участков перспективны серебристо-лиственные сорта бруннер (Silver Heart и Jack Frost.) и медуниц (David Ward и Miss Moon), которым характерны два пика декоративности: весной — во время цветения и в конце лета, когда листья наиболее красивы.

Изюминка «тенистого сада» — папоротники. Оригинальный облик этих растений вносит в ландшафтные композиции особый колорит, обогащает палитру красок изысканностью различных оттенков зеленого цвета. Из собранных в коллекции ЦБС 17 видов и сортов папорот-

ников открытого грунта выделены 7 перспективных для зеленого строительства республики (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris fragilis*, *Onoclea sensibilis*, *Blechnum spicant* (L.) Roth, *Cyrtomium fortunei* J. Smith, 'Clivicola', *Athyrium niponicum* (Mett.) Hance 'Red Beauty', *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott.).

Важно то, что многие декоративно-лиственные растения теневыносливы и составляют основу ассортимента растений для «тенистых садов». С их помощью решается проблема создания декоративного напочвенного покрова в старых парках, скверах, на тенистых участках, где невозможно выращивать традиционные цветочные культуры. Не отличаясь пышностью и яркостью цветения, декоративно-лиственные растения радуют изысканностью, элегантностью, схожестью со знакомыми нам растениями природы, что особенно притягательно в современном городе.

Список рекомендованных для зеленого строительства республики декоративно-лиственных растений включает виды разных экологических свойств, что позволяет использовать их при оформлении участков, отличающихся освещенностью, почвами, обеспеченностью влагой. С учетом сезонной окраски листьев можно формировать композиции, сохраняющие декоративность с весны до зимы.

Сейчас на пике моды — декоративные злаки. Благодаря неприхотливости и устойчивости в условиях урбанизированной среды, они стали достаточно востребованными и используются в различных городах мира. Популярность этих растений обусловлена также и их обликом, таким знакомым и приближающим людей к загородным лугам и лесам. Коллекция декоративных трав, включающая и злаки, одна из новых в лаборатории. В ней собрано уже около 50 однолетних и многолетних видов и сортов. По результатам исследований из них выделены 17 перспективных для озеленения.

В новый ассортимент включены и весеннецветущие растения. Весна — время, когда цветущих растений в городе нет или очень мало. Из весеннецветущих в столице в последние годы радуют разнообразные сорта тюльпанов и гиацинтов. Однако не все районные города могут позволить себе покупку их луковиц. Новый ассортимент включает менее дорогие многолетники, зацветающие гораздо раньше тюльпанов. В первую очередь это мелколуковичные виды, которые цветут уже в марте-апреле, «разбегаясь» яркими бликами среди деревьев парков, став там со временем постоянными жителями. Немало весеннецветущих среди экономичных многолетних растений. Галантусы (*Galanthus plicatus*) и иридодиктиумы (*Iridodictium*), примулы (*Primula denticulata*, *P. juliae*, *P. acaulis*, *P. «Таямница»*) и барвинки (*Vinca balcanica*), дороникум (*Doronicum orientale*) и резуха (*Arabis x arendsii*), сорта флокса шиловидного (*Phlox subulata*) и редкие пока цикламен косский (*Cyclamen coum*) и горянки (*pimedium*) — вот малый перечень первых цветов, способных радовать нас после долгой зимы с марта по май.

Не случайно в ассортимент включены виды и сорта лилейников — самых неприхотливых и долговечных декоративных растений, которые нередки в цветниках Испании, Венгрии, Австрии, Германии.

В качестве антивандальных предложены пахизандра, фиалка мотыльковая, барвинки, сорта зеленчука, анемона канадская и др.

Как было сказано ранее, в цветочном оформлении городов Беларуси преобладают (70–90%) однолетники — петунии, сальвия, львиный зев, агератум, лобелия. При всём сортовом разнообразии этих культур цветникам во всех городах не удалось избежать однотипности. Специалисты ЦБС предлагают дополнить перечень однолетников другими не менее интересными видами, которые внесут разнообразие в цветочное оформление городов. Как наиболее перспективные отметим сорта циннии узколистной, пенстемонов, эшшольдии, кореопсиса, табака лесного, годеции, диморфотеки, космеи, фасоли декоративной и др.

За счет новых однолетников можно кардинально преобразить контейнерное озеленение, которое сегодня имеет однообразное лицо за счет выращивания только сортов петуний. Предложены не только однолетники, но и некоторые многолетники, зимующие в стандартных городских контейнерах.

Следует отметить, что специалисты лаборатории интродукции и селекции орнаментальных растений активно участвуют в формировании современных трендов и тенденций в цветочном оформлении городов и сел республики. Изучение истории формирования и развития отечественной цветководческой культуры позволили выявить национальные и региональные особенности. «Золотые шары» и «півоні», «пачканосы» и «турецкая гвоздика», «завушницы», «шпарага» и другие цветы, украшали не одно столетие городские и деревенские палисадники Беларуси. Исторические цветники с участием вышеперечисленных видов способны украсить современные агроусадьбы и агрогородки, знаковые исторические места, памятники архитектуры и зодчества. У представителей старшего поколения эти растения ассоциируются как цветы их детства.

Из всего многообразия новых растений по результатам комплексной оценки в течение 2013–2016 гг. отобрано около новых 150 видов и сортов однолетних и многолетних растений (в том числе лиан) разного срока цветения для цветочного оформления городов. Основным критерием отбора была устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды, а также сохранение декоративности на протяжении долгого периода времени. Немало очень красивых, но более требовательных по уходу растений специалисты ботанического сада рекомендовали для любительского цветводства.

Новые интродуцированные растения востребованы у многочисленной армии любителей цветов нашей страны, которые приходят в ЦБС не только любоваться цветущими коллекциями. Часто именно здесь люди приобретают цветочные новинки. Любителям предлагают не просто красивые виды и сорта, но и устойчивые в наших климатических условиях. Важно и то, что все растения имеют правильные ботанические названия. Эта деятельность ЦБС по привлечению и распространению новых цветочных растений, имеющая важное социальное и просветительское значение, заслуживает большого внимания еще и потому, что вносит вклад в решение вопросов импортозамещения цветководческой продукции.

ЦБС был и остается надежным партнером для организаций республики, занимающихся цветочным оформлением городов и сельских поселений нашей страны. Богатые коллекции, уникальный опыт сотрудников — основа успешного развития цветводства, сохранения богатого наследия цветководческой культуры нашей Беларуси.

Использования приемов ландшафтного дизайна для формирования разнообразия растительного мира экосистемы

Макеева О. В.

*Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина,
mackeewaolga@gmail.com*

Резюме. Ландшафтная композиция — это не просто составление целого из частей. Это создание такого целого, на котором хочется останавливать свой взгляд снова и снова. Это то, что вызывает у нас различные положительные эмоции, и, как результат, дает основу формирования и сохранения разнообразия растительного мира. Экологический подход в дизайне явился реакцией на научно-техническую революцию. Это одно из направлений всемирного экологического движения, в задачи которого входит охрана и восстановление окружающей среды.

The use of landscape design techniques to form the diversity of the plant world of the ecosystem. Makeieva O. V. **Summary.** Landscape composition is not just the making up of a whole from parts. It is the creation of such a whole, on which one wants to stop his glance again and again. This is what causes us different positive emotions, and as a result gives the basis for the formation and preservation of the diversity of the plant world. The ecological approach in design was a reaction to the scientific and technological revolution. This is one of the directions of the world ecological movement, whose tasks include the protection and restoration of the environment.

В английском языке слово «design» обозначает — проектировать, конструировать — то есть любое проектирование, процесс создания новых предметов, инструментов, оборудования, формирование предметной среды. Дизайн — новый вид художественно-конструкторской профессиональной деятельности, возникшей в XX в. Его цель создание целостной эстетической среды жизни человека. Проектирование предметов, в которых форма соответствует их назначению, функциональна, экономична, удобна и при этом еще и красива.

Создание красивой композиции в ландшафтном дизайне — задача не такая уж простая, как может показаться на первый взгляд. Сегодня дизайн — это комплексная междисциплинарная проектно-художественная деятельность, интегрирующая естественнонаучные, технические, гуманитарные знания, инженерное и художественное мышление, направленная на формирование на промышленной основе предметного мира в чрезвычайно обширной «зоне контакта» его с человеком во всех без исключения сферах жизнедеятельности. Центральной проблемой дизайна является создание культурно- и антропо-сообразного предметного мира, эстетически оцениваемого как гармоничный, целостный. Отсюда особая важность для дизайнера — это использование наряду с инженерно-техническими и естественнонаучными знаниями средств гуманитарных дисциплин — философии, культурологии, социологии, психологии, семиотики и др. Все эти знания интегрируются в акте проектно-художественного моделирования предметного мира, опирающегося на образное, художественное мышление.

Все более возрастающее негативное воздействие человеческой деятельности на окружающую среду явилось стимулом к пониманию обществом причинно-следственной связи между деятельностью человека и экологической деградацией. В последние десятилетия проблемы эко-

логии человека, экологической культуры выступили на первый план. Ограничительные меры начали дополняться другими формами организации сосуществования человека и природной среды. Приоритетным направлением решения природоохранной проблемы стала идея органичного включения созданных человеком продуктов в среду, т. е. экологического подхода в проектной культуре. Направление «зеленого» или экологического дизайна, зародившееся в 1970-х годах, — это попытка гармонизации отношений в системе «человек — природа» и внесения в них ответственности со стороны человека.

Смысл экологического подхода в дизайне — создание продукции, совместимой с окружающей средой, что подразумевает снижение и, по возможности, полное устранение негативного воздействия на природу посредством использования альтернативных ресурсов и энергии, а также нетоксичных, уже переработанных или предназначенных для переработки материалов и возобновляемых процессов производства, максимальную экономию ресурсов и материалов, учет долговечности изделия с тем, чтобы соотношение затрат материалов и продолжительность жизни изделий было оптимальным, возможность их утилизации по окончании срока службы.

Термин «экологический дизайн» в настоящее время широко используется в повседневной проектной практике и в научной литературе. Проблематика экологического дизайна соприкасается с различными сферами производства и научного знания — начиная от архитектуры, промышленного дизайна и прикладной экологии, заканчивая современными исследованиями в области философии, медицины, психологии, социологии и педагогики.

Эта область проектирования объединяет в себе и художественно-проектные основы, и научное, философское осмысление степени влияния созидательной деятельности человека на окружающую среду, последствий взаимодействия человека и окружающей среды. Формируется научный и методический инструментарий этого нового направления в дизайне.

Философы под термином «экологический дизайн» подразумевают любое проектирование в дизайне, направленное не на отражение гармонии, а на саму гармонию отношений человека с окружающим его миром.

Экологический дизайн определяют как «участие средствами и методами дизайна в решении социально актуальных задач защиты окружающей природной среды (и самих людей) от последствий ее загрязнения отходами техногенной цивилизации и нарушения экологического равновесия в био-техносфере как с позиций ценностей природы, так и культуры». Экологический дизайн ставит перед собой целью создание оптимальных условий удовлетворения человеческих потребностей, не нарушая при этом равновесия окружающей среды, когда соблюдается принцип экологии 3R (reduce, reuse, recycle — сокращать, повторно использовать, перерабатывать) [1].

Поэтому сейчас вопрос использования подобных приемов ландшафтного дизайна, как в градостроении, так и в сельском хозяйстве, необходимо поднимать как на общественных слушаниях, так и на уровне законодательной власти.

В свое время русский геоботаник Л. Г. Раменский в 1910 г. сформулировал принцип экологической индивидуальности видов — принцип, который является ключом к пониманию роли биоразнообразия в биосфере. Мы видим, что в каждой экосистеме одновременно совместно обитает много видов, но вот какой в этом экологический смысл, задумываемся редко. Экологическая индивидуальность видов растений, сообитающих в одном растительном сообществе в одной экосистеме, позволяет сообществу быстро перестраиваться при изменении внешних условий. Общий генофонд растительного покрова ландшафтного района — его флора, локальными экосистемами района используется наиболее полно именно благодаря давлению биоразнообразия. При этом локальные экосистемы в видовом отношении становятся более богатыми. При их формировании и перестройках экологический подбор подходящих компонентов осуществляется из большего количества претендентов, зачатки которых попали в данное местообитание. Таким образом, вероятность формирования экологически оптимального растительного сообщества увеличивается [2].

Богатейшие традиции и современные достижения в различных областях биологии и экологии способствуют развитию ландшафтного искусства, уже не как эстетического удовольствия, а как научной почвы для изучения формирования и сохранения биоразнообразия, поскольку искусственно созданные ареалы обитания растительного мира с научно обоснованной характеристикой ухода способствуют сохранению растительного биоразнообразия как сформированной композиции так и функционирующей природной экосистемы.

Список литературы

1. Научное образование [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=9670>
2. Биологическое разнообразие и его экологическое значение [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://botsad.ru/menu/activity/articles/galanin-v/lekcii-eco-11/biologicheskoe/>

Применение современных методов инвентаризации древесно-кустарниковой растительности в садово-парковом хозяйстве

**Романова М. Л.¹, Червань А. Н.², Пучило А. В.¹,
Кудин М. В.¹, Русецкий С. Г.¹, Рудевич М. Н.³**

¹ *Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича, НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь, Ajuga@rambler.ru*

² *Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь*

³ *Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь*

Резюме. Разработаны методические подходы инвентаризации растительного покрова (на примере Центрального ботанического сада НАН Беларуси) для ботанических садов и городских парков. Для таких объектов требуется точная и полная оценка природно-климатических, почвенно-гидрологических и микроклиматических условий территории, что способствует наиболее оптимальному выбору ассортимента посадочного материала и мест посадки.

The use of modern methods of inventory of trees and shrubs in the landscape gardening sector. *Romanova M. L., Chervan A. M., Puchilo A. V., Kudin M. V., Rusetsky S. G., Rudevich M. N., Garanovich I. M.* **Summary.** The methodology for the inventory of botanical gardens and city parks vegetation has developed at example of Central Botanical Garden of NAS of Belarus. Such objects requires accurate and complete assessment of climatic, soil-hydrological and microclimate conditions of the area that promotes to the best choice of assortment of planting material and planting beds.

Наиболее эффективными средствами обеспечения инвентаризационных и мониторинговых работ на объектах растительного мира, фиксирующих древесно-кустарниковую растительность, являются геоинформационные системы (ГИС). ГИС позволяют не только создавать актуальную пространственную основу с заданной точностью, но и обеспечить связь между существующими базами и банками данных по территории и фактически инвентаризованными деревьями и кустарниками.

Современная программа проведения по разработке и апробации методики инвентаризации и последующей оценки состояния зеленых насаждений включает следующие положения:

1. Разработка георегиональной базы данных и цифровых моделей территории, объединяющих информацию об особенностях природных условий с логическими методами обработки информации;
2. ГИС-моделирование микрорельефа и данных космической съемки природно-растительных комплексов, экспозиций и объектов территории на геосистемной основе с учетом информации о природных системах, основных устойчивых контурных естественных и искусственных элементов, редких (интродуцированных) растениях, сложившейся дорожной сети и других постоянных ориентиров, которые могут служить для привязки;

3. Апробирование совместного использования технологических приемов инвентаризации зеленых насаждений и оценки условий их произрастания с информационно-поисковой системой ранее созданной на обследуемой территории.

Методологически научно-исследовательские работы основаны на системном подходе и производятся по следующему алгоритму:

- осуществляется предварительная спутниковая привязка планово-картографических материалов на территорию. Привязку нужно производить на основе определенных в полевых условиях координат устойчивых контуров местности, которыми являются в первую очередь пересечения центральных линий троп и дорог дорожно-тропиночной сети территории;
- создается опорная сеть с применением профессионального геодезического оборудования и программного обеспечения, координаты сети лучше всего получать с помощью высокоточных измерительных приборов;
- разрабатывается плановая основа для инвентаризационных полевых работ. Разбивка территории на рабочие участки, ограниченные со всех сторон дорогами и тропами;
- осуществляется в геоинформационной среде учет заданной площади участков и создается слой линий сетки с шагом 10 м;
- проводится в полевых условиях детальная съемка древесного и кустарникового ярусов модельного участка. Для этого участок разбивается на 10-и метровые секции. В каждой секции с помощью рулетки и дальномера определяется местоположение каждого дерева и куста (в см). Результаты заносятся в учетную ведомость с нумерацией каждого дерева и куста, затем отмечается точка на плане;
- создается при помощи геоинформационных технологий база геоданных. Разрабатывается структура атрибутивных таблиц, отвечающая требованиям визуализации информации при помощи классов (слоев) пространственных данных;
- производится в камеральных условиях занесение показателей в компьютерную базу данных. В базе данных обозначается инвентарный номер дерева и куста, латинское и русское название;
- производится в камеральных условиях в геоинформационной среде создание плана зеленых насаждений модельного участка;
- осуществляется апробирование плана на местности с детальной корректировкой в натуре. Уточняется местоположение труднодоступных кустарников и стволов деревьев;
- производится создание интерактивного плана инвентаризационного участка в геоинформационной среде. При необходимости осуществляется печать соответствующих планово-картографических материалов.

Этапу непосредственной инвентаризации зеленых насаждений должен предшествовать подготовительный этап создания плановой основы, включающий получение планово-картографических материалов на территорию объекта, их пространственную привязку, разбивку территории объекта на рабочие участки. На этом этапе собираются все доступные для данной территории планово-картографические и литературные материалы. Проводится их изучение и делается заключение о полноте и детальности имеющихся сведений или необходимости их актуализации.

В зависимости от объема имеющихся материалов и площади территории работы по оценке топографических условий могут включать: создание съемочного обоснования, наземную плановую и вертикальную съемку. Также возможно получение изображений земной поверхности с летательных аппаратов (аэрофотосъемка, космическая съемка) с последующим созданием ортофотоплана местности, дешифрированием и формированием цифровых моделей местности и рельефа.

Съемочное обоснование представляет собой сеть геодезических пунктов с известными координатами — из точек этой сети выполняется геодезическая съемка необходимого участка местности. Возможно создание съемочного обоснования спутниковыми методами, с использо-

ванием спутниковых геодезических приемников систем глобального позиционирования. Способы определения координат и высот могут быть разными: это может быть классический метод определения координат с помощью проложения полигонометрических (теодолитных) ходов повышенной точности и выполнение геометрического нивелирования от пунктов государственной геодезической сети (ГГС). Если нет поблизости пунктов ГГС, применяют спутниковые технологии — при помощи высокоточного геодезического оборудования определяют координаты в системах GPS/ГЛОНАСС и уравнивают измерения в специализированных программах.

При отсутствии планово-картографических материалов для территории, удовлетворяющих целям проведения работ, в качестве основы для создания топографических карт и планов используют *ортофотоплан* местности — фотографическое изображение местности, полученное путем аэрофотосъемки или космической съемки и приведенное к заданной системе координат. Для создания ортофотопланов используются материалы космической съемки высокого разрешения, которая с каждым годом становится все более доступной. Для использования материалов съемки при картографировании земной поверхности, необходимо выполнить ортотрансформирование снимков.

Ортотрансформирование (ортокоррекция) — математически строгое преобразование исходного изображения (снимка) в ортогональную проекцию (каждая точка местности наблюдается строго вертикально, в надир) и устранение всех геометрических искажений, вызванных рельефом, условиями съемки (перспективные искажения, развороты, разномасштабность) и типом камеры (дисторсией объектива). Для выполнения ортотрансформирования нужна модель рельефа, так как надо знать высоту местности для каждой точки (пикселя) снимка.

На основе имеющихся планово-картографических материалов или полученного ортофотоплана в программных средах ГИС составляется векторное представление территории, представляющее собой послойно организованную совокупность тематически сгруппированных наземных объектов (дороги, строения, малые архитектурные формы, границы участков и т. д.). Характеристика рельефа местности необходима для учета локальных особенностей территории и их роли в формировании условий произрастания зеленых насаждений. Основным способом отражения формы земной поверхности является цифровая модель рельефа (ЦМР) — характеризует высоту рельефа по регулярной сетке высот. В качестве основы для создания ЦМР при отсутствии материалов высотной съемки удовлетворительной детальности целесообразно использовать данные космической съемки.

Космическая съемка позволяет решить задачу создания подробных и достаточно точных цифровых моделей местности с применением высокотехнологичных методов обработки данных ДЗЗ. Для создания такой продукции необходимы изображения, образующие стереопару, либо интерферометрическую пару (для радарных данных), позволяющие получить информацию о рельефе местности, а также специализированное программное обеспечение для последующей обработки полученной информации. Наряду с ЦМР целесообразно также построение цифровой модели местности (ЦММ) — отражающей высоту видимой поверхности, что даст основу для более точной оценки радиационного, теплового и гидрологического режимов.

Основная цель подготовительного этапа заключается в том, чтобы предварительно ознакомиться со всеми необходимыми материалами: рельефом, растительностью, почвообразующими породами и факторами характеризующими хозяйственную деятельность, климатическими показателями. На основе имеющихся материалов определяют возможность картирования, выбирают масштаб и подсчитывают в соответствии с нормами объем работ и сроки их выполнения.

Картографической основой являются ортокорректированные:

- планы участка с отображением рельефа в горизонталях, постоянных дорог, просек, границ участков, водоемов и других постоянных ориентиров, которые могут служить для привязки;
- топографические карты;
- дешифрованные аэро — или космоснимки;

- созданная с использованием систем спутниковой навигации (GPS, ГЛОНАСС) опорная сеть.

В полевых условиях с использованием соответствующего навигационного оборудования определяются координаты устойчивых контуров местности, которыми в первую очередь являются пересечения дорожно-тропиночной сети. Координаты опорной сети могут быть получены при помощи профессионального геодезического оборудования и программного обеспечения (например Trimble Corp.). С использованием соответствующего программного обеспечения, предоставляющего геопространственную функциональность (например ArcInfo), на основе полученного набора координат четко опознанных точек местности выполняется пространственная привязка имеющихся планово-картографических материалов для каждого учетного участка. Далее формируется векторный слой рабочих участков.

В камеральных условиях на план участка наносятся осевые линии (коридоры инвентаризации), разбивающие участок на секции и создающие сеть микроучастков. Осевыми линиями в этой сети целесообразно считать линии на плане и, соответственно, на местности, соединяющие деревья, удаленные друг от друга не более чем на 10 м для обеспечения пересечения учетных секций квадрантами размером 5×5 м и повышения точности последующих измерений мест произрастания древесных и кустарниковых насаждений.

Комплекс полевых изыскательских работ осуществляется на основе вынесенной в натуру сети линий с 5–10 — метровым шагом (в зависимости от сложности рельефа и плотности объектов растительного мира на модельном участке). На местности измерения производятся мерной рулеткой, дальномером или другими измерительными средствами. Точное положение в пространстве контурных деревьев определяется заранее при помощи перпендикулярных линий к осям дорожно-тропиночной сети на плане (в базе геореференсированных данных) и в натуральных условиях. Относительная погрешность измерения отдельного дерева не превышает 0,05 м. При наличии большого количества древесно-кустарниковой растительности работу по определению местоположения объектов целесообразно выполнять в период минимальной вегетации (ноябрь — март), когда значительно увеличивается обзор участка. В полевых условиях на планшетную карту участка наносятся объекты растительного мира, где точкой обозначаются отдельно стоящие деревья и кустарники, контуром — кустарниковые группы с указанием порядкового номера. Параллельно заполняется учетная ведомость (табл. 1), отражающая учетный номер объекта и его характеристику (учетный номер объекта, название объекта, диаметр ствола объекта на высоте 1,3 м в сантиметрах (для деревьев), высота объекта в метрах, качественное состояние объекта (хорошее, удовлетворительное, плохое, аварийное).

Результаты измерений переносятся в базу данных при помощи геоинформационного инструментария, получая точечное или полигональное представление. По каждому пространственному слою сформирована атрибутивная таблица, отражающая состояние объектов растительного мира по полям из учетной ведомости.

В базе данных пространственно связаны все тематические блоки: топографическая основа, хозяйственно-функциональное зонирование, инвентаризационный, оценочный, блок дистанционного зондирования и другие. Поэтому кроме перечисленных выше полей можно создавать дополнительные, характеризующие геоморфологические, почвенно-агрохимические и многие другие факторы природной среды в месте произрастания объекта растительного мира.

Полученные в результате полевых работ сведения о месторасположении и характеристике объектов древесно-кустарникового яруса заносятся в базу данных при помощи геоинформационного инструментария, получая точечное (для древесных видов) или полигональное (кустарники) представление. По каждому пространственному слою формируется атрибутивная таблица, отражающая состояние объектов растительного мира по следующим полям:

- номер участка инвентаризации;
- учетный номер объекта в базе данных;
- инвентаризационный номер объекта;
- название объекта;

- диаметр ствола объекта на высоте 1,3 м в сантиметрах (для деревьев);
- высота объекта в метрах;
- качественное состояние объекта (хорошее, удовлетворительное, плохое, аварийное).

Кроме перечисленных выше полей могут быть созданы дополнительные, расширяющие характеристику объектов учета согласно Закона Республики Беларусь «О растительном мире» (от 14.06.2003 № 205–3), Инструкции о порядке учета объектов растительного мира, расположенных на землях отдельных категорий и обращения с ними (утверждена постановлением Минприроды от 28.12.2006 № 79).

Таблица 1

Учетная ведомость инвентаризационного участка (фрагмент)

Инвентаризационный участок №										
номер	Название		диаметр ствола, см	высота, м	состояние	примечание	группа светолюбия	группа теплолюбия	группа влаголюбия	группа почвенных условий
	русское	латинское								
136	Липа сибирская	<i>Tilia sibirica</i> Bayer	28	26	1	2 ствола	1	2	2	2
141	Лиственница сибирская	<i>Larix sibirica</i> Ledeb	48	20	1		1	1	1	1
152	Береза Крылова	<i>Betula krylovii</i> G. V. Krylov	18	20	3	Механич. поврежд.	1	2	2	1
159	Ель сибирская	<i>Picea obovata</i> Ledeb	18	18	2	Сухие ветки	2	2	3	2

Современные технические возможности, высокоточных измерительных средства (в частности приборов Trimble Corp.), и при помощи геоинформационного инструментария (например программный комплекс ArcInfo) позволяют осуществить цифровое кодирование показателей древесно-кустарникового яруса непосредственно в базе данных, где пользователем создана учетная ведомость с нумерацией каждого дерева и куста, одновременно учитывается пространственное положение инвентаризируемого (оцениваемого) объекта на интерактивном плане участка.

Основой применения современных технологий для геоинформационного учета местоположения и природных условий произрастания древесно-кустарниковой растительности должна быть детальная топографическая съемка и крупномасштабная оценка почвенного покрова. Геосистемный подход позволяет научно обосновать принципы инвентаризации древесно-кустарниковой растительности и методы оценки природно-ресурсного потенциала, использовать возможности геоинформационных систем и технологий в области оценки мест произрастания растительных сообществ. Создание георегиональной базы данных и цифровых моделей территории позволяет объединить информацию об особенностях природных условий с логическими методами обработки информации.

ГИС-моделирование микрорельефа и данных космической съемки природно-растительных комплексов, экспозиций и объектов исследуемой территории с учетом информации о природных системах, основных аллеях и сложившейся дорожной сети позволяет осуществлять совместное использование технологических приемов инвентаризации зеленых насаждений и существующей на исследуемой территории информационно-поисковой системы.

Особенности создания скверов на урбанизированных территориях Кольского Севера на современном этапе

Святковская Е. А., Тростенюк Н. Н., Гонтарь О. Б.,
Салтан Н. В., Шлапак Е. П.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина, Анатиты, Мурманская область, Россия, Sviatkovskaya@mail.ru

Резюме. В работе приведен анализ результатов обследования 30 городских скверов, созданных в разные периоды. Основной причиной плохого состояния данных объектов озеленения является загущенность посадок. Предложены основные пути создания скверов нового поколения. В условиях Кольского Севера предпочтение необходимо отдавать скверам открытого типа, в которых, зеленые насаждения должны занимать 60–70%, в том числе под деревьями 2–6% (не более 10%), кустарники — 5–20%, цветы — 5% и газон около 50%. Для обогащения северных пейзажей максимально использовать красивоцветущие интродуцированные древесные и травянистые растения. Преимущество должно быть отдано композициям непрерывного цветения и живым изгородям.

Features of the public garden's creation in the Kola North urbanized territories at the present stage. Sviatkovskaya E. A, Trostenjuk N. N., Gontar O. B., Saltan N. V., Shlapak E. P. **Summary.** An analysis of the survey results of 30 urban public gardens created in different periods is given in this article. The planting thickening is the main reason for the poor state of these gardening objects. The authors suggest the main ways to create new generation public gardens in the Kola North: to create exposed type public gardens in which green spaces should occupy 60–70% (including under 10% under trees), shrubs — 5–20%, flowers — 5% and lawn is about 50%. Beautifully flowering introduced woody and herbaceous plants should be used as much as possible to enrich the northern landscapes. Compositions of continuous flowering and hedges should be given an advantage.

Строительство скверов в условиях Мурманской области, где свыше 90% населения проживает в городах и поселках городского типа, расположенных главным образом в подзонах северотаежных хвойных лесов, имеет особое значение. В настоящее время растительный покров урбанизированных территорий Мурманской области объединяет культивируемые человеком насаждения и спонтанную растительность, в составе которой наряду с синантропными группировками немало фрагментов аборигенных сообществ (Святковская, Костина, 2004). Развитие промышленности и урбанизации усиливает влияние неблагоприятных факторов на состояние природных комплексов и человека. Создание удовлетворительных условий для жизни людей на Крайнем Севере немыслимо без постоянного общения с красивоцветущими растениями, так как в естественной среде их относительно мало и период цветения сравнительно короткий.

Большой вклад в улучшение зеленого наряда урбанизированных территорий Кольского Севера вносит Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина (ПАБСИ). В результате огромной интродукционной работы ПАБСИ отобраны хорошо адаптированные и обладающие высокими декоративными качествами виды, которые включены в ассортимент для озеленения заполярных городов. Действующий озеленительный ассортимент включает 44 вида деревьев, 87 видов кустарников, 5 видов деревянистых лиан, 109 многолетних и 88 одно-

летних и двулетних видов декоративно-цветочных растений (Гонтарь и др., 2010). Перечень декоративных многолетников в 2016 году пополнился 6 новыми видами (*Iris bloudowii* Ledeb., *Iris pseudocyperus* Schur, *Trollius ranunculinus* (Smith) Stearn, *Caltha palustris* L., *Primula minima* L., *Wulfenia carinthiaca* Jacq.) и составил соответственно 115 видов.

Особой популярностью у северян пользуются скверы, удельный вес которых в среднем составляет около 5% от общей площади насаждений в городах. В большинстве населенных мест они выполняют роль парков культуры и отдыха и являются важным элементом планировочной структуры города и неотъемлемой частью ландшафта.

Нами было проведено обследование 30 скверов в 10 городах Мурманской области (Мурманск, Апатиты, Кировск, Оленегорск, Мончегорск, Снежногорск, Североморск, Полярные Зори, Кандалакша, Ковдор). Все обследованные объекты можно разделить на три группы по времени создания: I — созданы в 40–50-е годы, II — 60–90-е годы прошлого столетия и III — в начале текущего столетия (2000–2015 гг.). Половина обследованных скверов построены во II период, 33% из которых находятся в плохом состоянии. На таких объектах озеленения требуется проведение ландшафтной реконструкции. В первые два периода скверы создавались стихийно во время субботников. Для посадок использовались преимущественно аборигенные породы (*Sorbus gorodkovii* Pojark., *Betula pubescens* Ehrh., *B. pendula* Roth, *Salix caprea* L., *Populus tremula* L.) из близлежащих лесов. В настоящее время на таких объектах наблюдается сильная загущенность посадок, состоящих из низкодекоративных растений. Древесные растения, в частности деревья, в большинстве скверов занимают свыше 80% от общей площади. Ландшафтообразующими породами на данных объектах озеленения в Апатитах, Кандалакше, Мончегорске и Оленегорске являются *Betula pubescens* и *B. pendula*, в Кировске и Снежногорске — *Sorbus gorodkovii*, в Полярных Зорях — *Pinus friesiana* Wichura. В зеленом наряде скверов хвойные составляют от 2 до 6% от общего количества деревьев. На многих объектах наблюдается хаотичная разнопородность, что в целом отрицательно сказывается на их композиционном решении. Необходимо отметить, что особо эффектно смотрятся скверы, созданные с использованием естественных насаждений, которые выделены в Апатитах, Кандалакше и Полярных Зорях. Их площадь колеблется от 0,25 до 4,5 га. В обследованных городах преобладают скверы закрытого типа (76% от общего количества) и единично встречаются полуоткрытые и открытые. Анализируя причины плохого состояния существующих скверов, выявлено что главной из них является загущенность посадок, при которой не только теряется декоративный эффект растений, но и уменьшается продолжительность жизни в городских условиях.

В настоящее время ведущим направлением в ландшафтной архитектуре Мурманской области является создание скверов открытого и полуоткрытого типа, учитывая то, что на Севере очень короткое лето и мало солнечных дней. За последние годы с участием сотрудников ПАБСИ создано 7 таких скверов: в Южном районе города Мончегорск, на ул. Октябрьской в Снежногорске, у спортивного комплекса «Атлет» г. Апатиты, Детский сквер, Авиаторов и перед информационным центром Кольской АЭС в г. Полярные Зори и им. В. Кондрикова в Кировске. Все вышеперечисленные объекты создавались на свободной от древесной растительности территории. Многолетние исследования показали, что наиболее приемлемым нормативом для условий Крайнего Севера является следующий: зеленые насаждения должны занимать 60–70% от площади объекта, в том числе под деревьями 2–6% (не более 10%), кустарники 5–20%, цветы — 5% и газон около 50%. Загущенность посадок мы считаем нецелесообразным, поскольку при таком методе нарушается развитие отдельных экземпляров.

На современном этапе при создании городских скверов важным направлением является максимальное использование интродуцентов с целью обогащения цветовой гаммы северных пейзажей. В природе преобладают зеленый, серый и коричневый цвета, поэтому особая роль на таких объектах озеленения должна отводиться красивоцветущим растениям. Рекомендуется использование сочетаний цветочных растений, красивоцветущих кустарников и деревьев. Такие смешанные посадки более предпочтительны по нескольким причинам — наличием разнообразных жизненных форм, высоты растений, цветовых характеристик. К тому же смешанные

группы, подобранные с учетом биолого-экологических условий, являются более устойчивыми в наших условиях. Полярно-альпийским ботаническим садом-институтом разработан достаточный ассортимент древесных видов, которые могут стать украшением городских объектов. Незаменимы для оформления городских скверов как аборигенные (*Sorbus gorodkovii* Pojark., *Padus avium* Mill.), так и интродуцированные деревья (*Larix sibirica* Ledeb., *Abies sibirica* Ledeb., *Salix schwerinii* E. Wolf) и кустарники (*Syringa josikae* Jacq. fil., *Lonicera tatarica* L., *L. involucrata* (Richardson) Spreng., *L. alpigena* L., *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br., *Spiraea media* Franz Schmidt, *S. salicifolia* L., *S. betulifolia* Pall., *Caragana arborescens* Lam., *Rosa rugosa* Thunb., *R. glauca* Pourr. и *R. hybrida*). Повышение декоративного эффекта посадок в зимнее время можно обеспечить введением растений с разнообразной окраской коры. К таким растениям относятся *Swida alba* (L.) Pojark., имеющая малиновый оттенок коры и *Padus maackii* (Rupr.) Kom. — медно-красный.

В северных скверах особое место должно отводиться созданию композиций непрерывного цветения в течение всего вегетационного периода. Это могут быть пейзажные группы, рабатки, миксбордеры, клумбы различной формы и альпийские горки. В заполярных городах акцент необходимо делать на раннецветущие (конец мая–июнь) декоративные многолетники, что позволит восполнить недостаток ярких цветов весной. В озеленительном ассортименте многолетние цветочные растения с сине-фиолетовыми оттенками цветков составляют 36%, оранжево-желтыми — 23%, розово-пурпурными (включая красные) — 23%, бежевыми (включая белые) — 18% (Тростенюк и др., 2016). В группу раннецветущих включено 18 видов (16%) многолетников, большинство из которых зацветают сразу после таяния снега. Ранневесенний аспект цветникам создадут *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch, зимующий с зелеными листьями и развивающий в середине июня соцветия малиновых цветков, *Primula amoena* с фиолетово-голубыми цветками, *Primula elatior* (L.) Hill var. *tatrica* Domin с нежно-желтыми, *Callianthemum angustifolium* Witas. с белоснежными цветками и другие виды. Незаменимы в весенних посадках также тюльпаны и нарциссы. Наиболее обширная группа летнецветущих растений, общее количество которой составит 82 вида, что составляет 72% от общего количества видов. Яркими представителями ее являются *Aquilegia glandulosa* Fisch. ex Link и *Geum coccineum* Sibth. et Smith. В июле — начале августа общая цветовая гамма сохраняется, обогащаясь желтыми (*Potentilla aurea* L.), оранжевыми (*Trollius asiaticus* L.) красками и различными вариантами розового (*Stachys macrantha* (C. Koch) Stearn = (*Betonica grandiflora* Willd.)).

В скверах заполярных городов должны найти применение композиции альпийского типа, основанные на сочетании растений с камнем. Наиболее приемлемыми являются плоские и террасированные каменистые горки, которые могут стать украшением скверов. Особенностью формирования таких композиций является возможность использования разнообразного ассортимента, как многолетних травянистых декоративных растений, так и красивоцветущих кустарников. Единичные экземпляры деревьев могут также стать хорошим украшением данных объектов.

Новым направлением в строительстве северных скверов является создание живых изгородей, которые придают особую изысканность объектам. Для низких (30–40 см) можно использовать *Spiraea betulifolia*, средних (50–70 см) *Sp. media*, *Sp. chamaedrifolia* L., *Sp. hybrida*, *Cotoneaster lucidus* Schlecht., высоких (свыше 100 см) — *Crataegus nigra* Waldst. et Kit., *C. sanguinea* Pall, *C. dahurica* Koehne ex Schneid. и *Caragana arborescens* Lam. Для создания изгородей используются одновозрастные (3-х летние) саженцы, выращенные из черенков или 4-х летние семенного происхождения. Растения высаживаются в подготовленную траншею шириной 60 см и глубиной 40 см. Для заполнения траншей используется почвенный субстрат, обогащенный органическими и минеральными удобрениями. Шаг посадки саженцев в ряду составляет 30 см, между рядами 25 см. Наиболее благоприятное время посадки с конца мая до 15 июня и с 15 августа до 15 сентября. За период вегетации проводится 3 стрижки. В первый год после весенней посадки обрезку кустарников осуществляют 2 раза. При осенней посадке первый раз растения формируются на следующий год до начала сокодвижения (май), вторая по мере потери четкости поперечного профиля изгороди (середина июля) и последняя — конец августа — сентябрь. Сроки

стрижек живых изгородей во многом зависят от хода вегетации. Стрижка проводится с боков и сверху по заданному контуру садовыми ножницами. Срезаются побеги на 1/3 длины прироста предшествующего года.

В скверах нового поколения большая роль должна отводиться созданию газона, который не только служит фоном для древесно-кустарниковых и цветочных композиций, но и является весьма декоративным элементом оформления. Долгий период времени газоны на севере были незаслуженно забыты и практически за ними не осуществлялся уход. Наиболее устойчивыми злаками к суровым условиям Крайнего Севера являются *Festuca rubra* L. и *Poa pratensis* L. Первая интенсивно возобновляется вегетативно и, начиная со второго года жизни, в травостоях отличается мощной конкурентной способностью, пластичностью и стойкостью. Травостой из *Poa pratensis*, благодаря наличию большого количества подземных побегов, обладает высокой энергией кущения, пластичностью, вынослив к вытаптыванию и почти не снижает жизнеспособности и не теряет декоративности. Посев газонных трав возможен как в травосмесях (*Festuca rubra* — 50%, *Poa pratensis* — 50%; *Festuca rubra* — 75%, *Poa pratensis* — 25%; *Festuca rubra* — 70%, *Poa pratensis* 20%; *Lolium perenne* L. — 10%; *Poa pratensis* — 50%, *Festuca rubra* — 20%, *Agrostis alba* L. — 20%, *Lolium perenne* — 10%), так и чистыми из *Festuca rubra*, *F. pratensis* Huds, *F. arundinacea* Schreb, *Poa pratensis*, *Agrostis alba* и *Lolium perenne*.

Урбанизированная среда Кольского полуострова весьма агрессивна для растений. И все же насаждения способны довольно долго сохранять устойчивость, придавая своеобразие заполярным городам, помогая сохранить связь между ландшафтами населенных пунктов и окружающими природными экосистемами. В целом скверы призваны способствовать выполнению не только художественно-эстетических, но санитарно-гигиенических требований современного северного города.

Список литературы

1. Святковская Е. А., Костина В. А. Особенности ландшафтной реконструкции естественных насаждений на урбанизированных территориях Заполярья // Вестник ННГУ — Нижний Новгород. Вып. 2 (8). — 2004. — С. 273–278
2. Гонтарь О. Б., Жиров В. К., Казаков Л. А., Святковская Е. А., Тростенюк Н. Н. Зеленое строительство в городах Мурманской области — Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2010. — 224 с.
3. Тростенюк Н. Н., Святковская Е. А., Носатенко О. Ю., Гонтарь О. Б. Основные этапы создания ассортимента декоративных многолетников для оптимизации урбанизированных территорий Кольского Севера // Материалы докладов IV Всероссийской научной конференции «Биоразнообразие и культуроценозы в экстремальных условиях», посвященной 85-летию Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина ПАБСИ КНЦ РАН, Апатиты-Кировск, 26–28 октября 2016 г. Апатиты, 2016. С. 79–81.

О научном значении коллекционных фондов Института ботаники и фитоинтродукции КН МОН РК

Ситпаева Г. Т.

Институт ботаники и фитоинтродукции Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан, г. Алматы, Казахстан, sitpaeva@mail.ru

Резюме. Гербарный фонд Института насчитывает 258500 образцов высших сосудистых растений и 50000 образцов грибов. В коллекциях живых растений Института охраняется 2235 таксонов, в том числе: 879 таксонов древесных растений мировой и казахстанской флоры открытого грунта; 800 — цветочно-декоративных растений закрытого грунта; 333 — цветочно-декоративных растений открытого грунта; 207 — коллекционного участка «Альпинарий»; 198 — диких плодовых растений и 230 — видов лекарственных растений. Все коллекции, в том числе единственный в Казахстане Семенной банк природной флоры Казахстана, созданный в 2013 году, активно используются в изучении и сохранении ex-situ ботанического разнообразия флоры Казахстана.

On the scientific significance of the collection funds of the Institute of Botany and Phytoindroduction of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan. Sitpaeva G. T. **Summary.** The Institute's herbarium consists of 258,500 samples of higher vascular plants and 50,000 samples of fungi. 2235 taxa are preserving in the natural plants collections of the Institute. The collections of the Institute of Botany and Phytoindroduction of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan include 879 taxa of woody plants of the world and Kazakhstan flora; 800 taxa of ornamental plants in the greenhouse collection; 333 taxa of ornamental plants in the open-ground collection; 207 taxa in the collection "Alpinarium"; 198 taxa of wild fruit plants and 230 species of medicinal plants. All collections, including the only one in Kazakhstan the Seed Bank of the Natural Flora of Kazakhstan (created in 2013), are actively used for the study and preserving ex-situ the botanical diversity of the flora of Kazakhstan.

В настоящее время в состав Института ботаники и фитоинтродукции КН МОН РК входят три Государственных ботанических сада (Главный ботанический сад (ГБС), Жезказганский ботанический сад (ЖБС), Илийский ботанический сад (ИБС)). Организованный ранее других — в 1932 г. — ГБС, расположенный в г. Алматы располагает уникальными ботаническими коллекциями: Гербарным фондом, имеющим международный индекс (АА), коллекциями живых растений и единственный в Казахстане Семенным банком природной флоры республики.

Коллекции Гербария (АА) Института насчитывают в своем составе 258500 образцов высших сосудистых растений; 50000 экземпляров грибов; 600 видов лишайников. Самые ранние сборы образцов, хранящихся в Гербарии образцов, датируются 1840–1843 гг. (сборы Шренка, Карелина, Кирилова и др.).

Коллекции живых растений Института насчитывают 2235 таксонов, в том числе:

- 879 таксонов древесных растений мировой и Казахстанской флоры открытого грунта (экспозиции: «Северная Америка» — 217 таксонов; «Восточная Азия» — 197; «Европа, Крым, Кавказ» — 119; «Казахстан» — 77; «Сибирь и Дальний Восток» — 111; участок «Кониферетум» представлен 133 видами и 25 декоративными формами хвойных расте-

- ний; коллекция участка «Орешники» — 6 видами и 18 сортами рода *Corylus* L. В коллекциях участка «Сирингарий» сохраняется 23 вида и 107 сортов сирени обыкновенной);
- 800 таксонов цветочно-декоративных растений закрытого грунта (коллекция оранже-рей);
- 333 таксона цветочно-декоративных растений открытого грунта;
- 207 таксонов на участке «Альпинарий», 34 из них занесены в Красную книгу Казахстана;
- 198 таксонов диких плодовых растений;
- 230 видов лекарственных растений.

Особенно велико научное значение ботанических коллекций, широко используемых в настоящее время при реализации целевых государственных научно-технических программ, финансируемых государством на конкурсной основе. За последние 5 лет Институт выступил в качестве разработчика и основного исполнителя 2 таких крупных программ:

- «Ботаническое разнообразие диких сородичей культурных растений Казахстана как источник обогащения и сохранения генофонда агробиоразнообразия для реализации Продовольственной программы» (2013–2015 гг.);
- «Устойчивое управление генетическими ресурсами государственных ботанических садов Юго-Восточного и Центрального Казахстана — особо охраняемых природных территорий республиканского значения — в условиях перехода к «зеленой экономике» (2015–2017 гг.).

Первая программа включала практически все приоритетные направления, как фундаментальных, так и прикладных исследований ботанического разнообразия Казахстана. В ходе реализации задач программы был проведен скрининг Гербарного фонда Института на предмет выявления наличия, распространения и мест концентрации произрастания диких сородичей культурных растений (ДСКР) флоры Казахстана. В результате проведенного скрининга был составлен предварительный список (226) видов ДСКР, на основе которого были сформированы списки сородичей каждого флористического района Казахстана, дополняемые новыми видами в ходе полевых исследований.

К примеру, для создания списка потенциальных ДСКР, отмеченных для территории Сырдарьинского Каратау и хребтов Западного Тянь-Шаня было проанализировано 665 образцов Гербария (АА), принадлежащих 85 видам. Для Каратау отмечено 49 видов ДСКР, а для Западного Тянь-Шаня — 57 видов.

Для оптимального поиска ДСКР в естественных условиях произрастания составлены списки видов, распределенные по срокам цветения и плодоношения.

Также осуществлен всесторонний анализ составленного перечня ДСКР, созданы базы данных, выделены репрезентативные территории, разработаны рекомендации по сохранению и устойчивому использованию ботанического разнообразия диких сородичей Казахстана. Кроме того, в рамках программы впервые в Казахстане в Институте ботаники и фитоинтродукции был создан Семенной банк растений природной флоры Казахстана, оснащенный современным оборудованием и необходимыми приборами. На сегодняшний день на хранение в банк заложено более 3000 образцов семян дикорастущих растений. В банке активно ведутся экспериментальные работы по отработке методики хранения видов природной флоры. Успешно развивается сотрудничество с аналогичными банками семян Китая, Кореи, стран Европы.

Приоритетным направлением выполнения второй программы являлось сохранение и пополнение ценнейших генетических ресурсов (коллекций живых растений и репродукционно-го материала Семенного банка Казахстана), сосредоточенных в Государственных ботанических садах Республики, а также гербарных коллекциях, на базе которых собственно и проводятся научные исследования. При этом проведенный анализ опыта интродукции растений Юго-восточного и Центрального Казахстана показал, что в сравнении со «стихийной» интродукцией растений работа ботанических садов в 5 раз более эффективна. В рамках решения задач программы впервые для Главного ботанического сада начаты исследовательские работы по изучению его спонтанной флоры. Перспективным для Казахстана направлением научных исследований бо-

танического разнообразия является изучение влияния инвазионных растений на природные экосистемы.

Спонтанная флора ГБС складывается за счет аборигенного и чужеродного компонентов. Аборигенный компонент составляют аборигенные виды естественной растительности и аборигенные сорные виды. Общее число аборигенных представителей флоры равно 120 видам. Чужеродный компонент спонтанной флоры ГБС составляют собственно чужеродные виды, натурализовавшиеся и виды, сбежавшие из коллекций. В количественном отношении соотношение чужеродного компонента (суммированное число составляет 47 таксонов) к аборигенному (суммированное число составляет 120 таксонов) составляет 1:2,6. В целом, спонтанная флора ГБС насчитывает 167 видов из 129 родов и 55 семейств.

Проведено распределение видового состава спонтанной флоры Главного ботанического сада по категориям инвазионности. На основании анализа степени инвазионной активности были выделены: высоко инвазионные виды (16 видов), инвазионные (34 вида), потенциально инвазионные (55 видов), самовозобновляющиеся (17 видов), а также инвазионно неактивных видов (45 представителей).

На основании изучения коллекций живых растений ГБС в рамках вышеуказанных программ был разработан системно-ареалогический метод прогнозирования интродукции растений. Отличием данного метода является прогнозирование перспективности результатов интродукции не только на климатических характеристиках природного и культурного ареалов, но и на закономерностях фитогеографического расселения вида. Даже при более «южном» распространении вида-потомка от расселяющего вида-прародителя, потенциальная холодоустойчивость «южного» вида может быть столь же высокой, как и у вида прародителя. Тем самым уточнены теоретические представления об экологической пластичности растений.

В рамках исследований ДСКР создана интродукционная популяция для сохранения *ex-situ* генофонда *Berberis iliensis* M. Pop. По программе устойчивого развития произведена оценка фитоценотической агрессивности древесных видов-интродуцентов. Показано, что виды-интродуценты из различных географических областей мира в новых условиях могут характеризоваться высокой агрессивностью, прежде всего, через семенное расселение. Выявлено, что в условиях Юго-Востока Казахстана чаще всего высокой агрессивностью характеризуются северо-американские интродуценты.

В рамках программы по изучению и сохранению ДСКР в ГБС был заложен питомник редких, эндемичных и наиболее ценных дикоплодовых растений Южного Казахстана. На питомнике были высеяны: *Pistacia vera* — 4 формы, виды вишни (*Cerasus* spp.), *Amygdalus communis*, *A. spinosissima*, *Hippophae rhamnoides*, *Pyrus regelii* и др. Одной из важных научных задач, решаемых на питомнике, стала отработка методики выращивания и тиражирования ДСКР. Семена различных видов часто требуют специальных подходов к их посевам для выращивания в питомнике. Виды, для которых методика разработана (фисташка настоящая, миндаль обыкновенный), высевались на постоянное место их произрастания в открытый грунт или в контейнеры (полиэтиленовые пакеты). В тех случаях, когда технология выращивания вида не совсем отработана, необходимо проводить посев растений различными способами и на основании анализа полученных результатов выработать рекомендации по их выращиванию. Поэтому, отработывались различные способы посадки и посева растений с учетом влияния на них и других факторов (стратификация семян, срок посева, глубина заделки семян и т. д.). К примеру, результаты наблюдений посевов фисташки настоящей семенами, полученными из Таджикистана, Туркмениста и Ирана показали, что самый высокий прирост растений наблюдается у туркменской фисташки. В общей сложности в питомнике уже провели испытание на 11 видах и 5 формах растений.

Эколого-социо-экономические предпосылки развития зеленого строительства

Чайка Т. А., Дыченко О. Ю.

*Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина,
chaykata@mail.ru*

Резюме. Современная экологическая ситуация способствует развитию зеленого строительства, имеющего определенные принципы и особенности: экологичность для окружающей среды и человека, экономичность содержания, комфортность проживания, долговечность здания и т. п. Однако развитию зеленого строительства в Украине препятствуют: низкая информированность о его сути и преимуществах, существующий менталитет, незаинтересованность бизнеса и чиновников, отсутствие государственной поддержки и законодательной базы.

Ecological-socio-economic preconditions for the development of green construction. Chayka T. A., Dichenko O. Y. **Summary.** The modern ecological situation contributes to the development of green construction, which has certain principles and features: environmental friendliness for the environment and people, the economy of the content, the comfort of living, the durability of the building, etc. However, the development of green construction in Ukraine is hampered by: low awareness of its essence and advantages, existing mentality, disinterest of business and officials, lack of state support and legislative base.

Современная экологическая ситуация в государстве стимулирует людей больше заботиться о своем здоровье и об экологических условиях собственной жизни. Именно поэтому строительство из экологически чистых материалов становится все более актуальным.

Sustainable development — это пока еще новый термин на украинском рынке недвижимости, тогда как экологически рациональное строительство активно распространяется во всем мире. Ресурсосберегающие здания имеют неоспоримые преимущества перед традиционными: их содержание и эксплуатация в разы дешевле.

Зеленые здания, green building и sustainable building, — это итог философии проектирования, которая позволяет сделать здание ресурсосберегающим, максимально удобным и с минимальным влиянием на окружающую среду. Энергоэффективность может быть достигнута простыми методами: нужны понимание и некоторые недорогие приборы. Например, приборы движения: если никого нет в помещении, отключаются свет, вентиляция [1].

Зеленое или экологическое строительство — это подход к проектированию, обустройству и содержанию зданий с целью сократить отрицательное влияние на окружающую среду и повысить благосостояние людей. Зеленое строительство обладает несколькими преимуществами в обеспечении продолжительности развития:

1. Создание такой среды обитания, которая способна удовлетворить современные требования с учетом нужд следующих поколений;
2. Создавая качественную, природе и здоровью дружественную среду обитания, повышается продолжительность существования как с точки зрения экологии, так и экономики и социальной сферы.

Принципами зеленого строительства являются:

- оптимальный выбор места, включение строения в общий пейзаж, общую инфраструктуру среды и транспорта;
- ориентирование окон на юг для максимального использования солнечной энергии и дневного света;
- минимальные затраты энергии, повышенная энергоэффективность, альтернативные источники энергии;
- улучшенная теплоизоляция, безвредное использование теплоизоляционных материалов;
- вентиляция с возвратом тепла (возврат тепла воздуха в отопительную систему);
- использование безвредных, восстанавливаемых и перерабатываемых стройматериалов;
- предпочтение отдается использованию местных материалов;
- безвредные, автоматизированные отопительные системы (несколько решений — биомасса, теплонасосы, солнечные коллекторы и т. п.);
- эффективное потребление воды, возможность повторного использования воды;
- улучшенное качество воздуха в помещениях;
- благотворное влияние на здоровье и самочувствие человека;
- удобное содержание зданий;
- улучшенные экономические показатели жизненного цикла зданий;
- пониженное содержание твердых отходов в процессе сноса или демонтажа строения;
- способствование долгосрочного развития, в том числе экологическое, экономическое и социальное развитие.

Преимуществами от выбора зеленого строительства являются:

1. Финансовая экономия

Так, благодаря современным и рациональным решениям конструирования зданий, обустройства теплоизоляции, вентиляции и отопительной системы, можно существенно сократить затраты энергии, необходимой для содержания здания. Затраты на создание таких строений, несомненно, выше традиционных, но это продуманный вклад в будущее — ежемесячные затраты за содержание здания, в зависимости от решений строительства, меньше порядка от 50 до 90%. Учитывая повышающиеся тарифы на энергоносители и подорожание традиционных ресурсов отопления, зеленое здание — это ценность, которая утверждается в течение долгих лет.

2. Высокий уровень комфорта

Здания, построенные по принципам зеленого строительства, отличаются отличными системами теплоизоляции и вентиляции — они позволяют поддерживать постоянную температуру в помещениях независимо от перепадов температуры снаружи. Для таких строений характерны также безвредные и удобные автоматизированные отопительные системы. В отоплении используются альтернативные источники энергии (например, тепловые насосы), восстанавливаемые ресурсы (продукты древесины — гранулы и т. п.).

В строительстве, отделке и обустройстве зданий большое значение имеет дерево — природный материал, одновременно эстетичный, удобный и приятный на ощупь. Ощущение комфорта усиливает сознание, что использованные для строительства материалы и системы безопасны как функционально, так и для окружающей среды и здоровья.

3. Здоровая среда обитания для человека

Материалы, традиционно используемые в строительстве и создании интерьера, нередко содержат химические соединения, которые испаряются и таким образом ухудшают качество воздуха в помещении. Их влияние на здоровье человека мало исследовано, так как это процесс дол-

госрочный. Но исследование некоторых летучих органических соединений доказали, что они потенциально вредны для здоровья.

В жилищах, создаваемых по принципу зеленого строительства, возможный вред сводится к минимуму, так как предпочтение отдается природным материалам, краскам и решениям интерьера. Такая среда более безвредна для здоровья, при этом сокращаются риски аллергических заболеваний. И, самое главное, — более здоровая среда является чем-то большим, нежели только физическое пространство, где человек себя хорошо чувствует — это стабильная основа для его более здорового и гармоничного образа жизни.

4. Простота в содержании зеленого здания и его долговечность

Благодаря высоким стандартам строительства, продуманным решениям и технологиям можно создавать жилища, которые опережают другие с точки зрения долговечности. При этом они не требуют больших усилий и вложений для их содержания в течение всего срока эксплуатации. Это означает — меньше ежедневных забот и большее чувство безопасности за будущее детей.

5. Сохранение окружающей среды

Выбор в пользу зеленого строительства — это выбор в пользу более чистого окружения и щадящего ее использования. Зеленое строительство предлагает реальные решения личного вклада в сокращении этих проблем. Альтернативные источники энергии, восстанавливаемые ресурсы, высокая энергоэффективность и эффективное потребление воды, продуманные решения строительства и обслуживания зданий, предпочтение местным материалам — вот основные ключевые слова для щадящего строительства. При этом концепция современного зеленого строительства отнюдь не означает поступления или возвращение к докомфортному веку. Оно объединяет веками проверенные знания и новейшие технологические достижения, позволяя создавать удобную среду обитания социально ответственным способом.

Таким образом, можно выделить эколого-социо-экономические преимущества развития зеленого строительства, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Эколого-социо-экономические преимущества развития зеленого строительства

Среда	Критерии
Экология	<ul style="list-style-type: none"> • сохранение экосистемы и биологического разнообразия; • повышение качества воздуха и воды; • меньшее количество твердых отходов; • сохранение природных ресурсов и их неистощение;
Социум	<ul style="list-style-type: none"> • лучшее качество воздуха; • повышенный уровень комфорта и здоровая среда обитания; • меньшая нагрузка на инфраструктуру; • более высокое качество жизни;
Экономика	<ul style="list-style-type: none"> • сокращение эксплуатационных расходов; • повышенная добавочная стоимость; • поддержка для местных производителей и экономики; • повышенная продуктивность работников и их удовлетворенность; • улучшенные экономические показатели жизненного цикла зданий (экономичность в течение всего эксплуатационного срока).

Практика показывает, что на нужды строительного сектора затрачивается 40% общих энергозатрат в мире. Почти 90% своего времени человек проводит в помещениях. Исследования показывают, что качество воздуха и чистота в помещениях бывает в 2–5 раз хуже, нежели снаружи. Улучшением внутренней среды помещений можно повысить производительность там работающих до 16%.

Размещение 30–50% окон с южной стороны здания дают дополнительно до 40% тепла в помещении. Соотношение объема потребленной электроэнергии и произведенного тепла теплонасосом 1:5.

На отопление обычного семейного дома в среднем затрачивается 150 kWh/m². Для отопления пассивного дома такого же объема, где комфортный климат помещений обеспечивается минимальным потреблением энергии, — только 15 kWh/m². В процессе строительства использование кубометра древесины экономит в среднем 0,8 тонн выбросов CO₂ [2].

Не смотря на указанные преимущества, в Украине развитию экостроительства препятствуют: низкая информированность и недостаточное понимание сущности «зеленых подходов» даже специалистами; менталитет — укоренившаяся привычка нерационального пользования практически дешевыми ресурсами; нацеленность бизнеса на максимальное и быстрое получение прибыли; отсутствие заинтересованности чиновников в нововведениях.

Сегодня уже рынком накоплен определенный опыт в применении приемов экологического строительства, однако более динамичному развитию этой сферы в нашей стране также очень мешает отсутствие до конца сформированной профильной законодательной и методологической базы, а также системы государственной поддержки внедрения экологических инноваций в строительной отрасли. Впрочем, времена меняются, и для развития green building есть явные предпосылки на всех трех уровнях триады «правительство — бизнес — общество».

Кроме того, архитектурно-строительная сфера является одной из основополагающих отраслей в контексте перевода экономики на зелёные рельсы. Ведь именно урбанизированные территории, за формирование которых отвечают архитекторы и строители, оказывают максимальное, и, к сожалению — в основном негативное влияние на окружающую среду. В связи с этим важным драйвером снижения антропогенной нагрузки на биосферу является переход на новые принципы и подходы возведения не только отдельных зданий и сооружений, но и создания городской среды нового уровня в целом — которые применяются в экологическом или зелёном строительстве.

Главной задачей отечественной экономики является уход от сырьевой зависимости при одновременном сохранении окружающей среды. Для этого государству необходимо создавать условия, при которых бизнесу будет выгодно использовать «зелёные» технологии, чтобы предприниматель, который честно соблюдает экологические требования и занимается вопросами обновления производства, получал реальные конкурентные преимущества.

Таким образом, зеленое строительство является способом жить естественнее, не отказываясь от привычных удобств и стандартов качества. Более эффективно израсходованная энергия, разумнее потребленные ресурсы, ниже затраты на содержание жилья — это продуманный выбор сегодня для более надежного и лучшего будущего.

Бережное отношение к окружающей среде — это не только требование времени или какой-то модный тренд, это условие технологического прогресса и развития отечественной экономики и социальной сферы, это общая ответственность, залог благополучия нынешних и будущих поколений граждан Украины и всего человечества.

Список литературы

1. Коваленко В. Зелене будівництво — нова ступень еволюції будівельної галуззі [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.ecolabel.org.ua/korisnainformatsiya/ki-6.html>.
2. Екологічне будівництво: здорово, економічно і креативно [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://ogo.ua/articles/view/2013-07-10/41420.html>.

Именной указатель

А

Аверина Н. Г. 202
 Аветисян С. В. 86
 Азарян К. Г. 77, 86
 Азизбекян С. Г. 226, 230
 Алферович Ж. Д. 26
 Аношенко Б. Ю. 299
 Антипин М. И. 31
 Антохина С. П. 18
 Архаров А. В. 35
 Ахметова А. Ш. 167
 Ахрамович Т. И. 3

Б

Бабаева Е. Ю. 117
 Базарнова Н. Г. 6, 312, 324
 Базяк Т. О. 10
 Балекин А. Ю. 31
 Балко А. Б. 57
 Башилов А. В. 317
 Белоусова Н. Л. 459, 489
 Белый П. Н. 123, 162
 Беляй М. О. 238
 Блинковский Е. Д. 35
 Большакова Е. В. 172
 Бондарук А. М. 249
 Боровский Г. Б. 355
 Браилко В. А. 15, 60, 175
 Брюхин В. Б. 179
 Буга С. В. 383, 412
 Буй А. В. 341
 Булавко Г. И. 18, 162
 Булахова А. С. 334
 Булда К. Ю. 234
 Бученков И. Э. 127
 Буюн Л. И. 359, 364

В

Вакула С. И. 291
 Валицкая Г. С. 462
 Варфоломеева Е. А. 371
 Василевская Т. И. 113
 Васько П. П. 238

Вашкевич М. Н. 123
 Веевник А. А. 256, 259
 Войнило Н. В. 437
 Войцеховская Е. А. 22, 106
 Володько И. К. 26
 Волотович А. А. 341
 Воронкова Е. В. 295
 Воронкова О. В. 74
 Высоцкая О. Н. 31, 284
 Высоцкий Ю. И. 186

Г

Гаранович И. М. 35, 113
 Герасимчук В. Н. 63
 Геращенко Г. А. 190, 303
 Гетко Н. В. 40
 Гиль Т. В. 157, 299
 Гиренко А. Г. 359
 Головченко Л. А. 375, 414, 437,
 445
 Гонтарь О. Б. 501
 Гончаренко В. И. 364
 Гордей И. А. 193
 Гордей И. С. 193
 Гребенникова О. А. 46
 Грибок Н. А. 256, 259
 Губанова Т. Б. 50
 Гукасян О. Н. 295

Д

Данилина Н. И. 234
 Данилина Н. Н. 74
 Деева А. М. 106
 Дишук Н. Г. 375, 379, 414
 Дыченко О. Ю. 508

Е

Егорова Н. А. 198, 205
 Емельянова А. В. 202
 Емельянова И. С. 172
 Ермишин А. П. 295

Ж

Жарич В. М. 295
 Жоров Д. Г. 383

З

Завадская Л. В. 459
 Загорская М. С. 205
 Загурская Ю. В. 53
 Зарипова А. А. 167
 Зубарев А. В. 317
 Зубкова Н. В. 175

И

Иванова Л. А. 470
 Иванова Н. Н. 209
 Иващенко И. В. 57
 Игнатовец О. С. 299
 Ильенко А. А. 485
 Ильичёва Т. Н. 312, 324
 Исаева А. Н. 213

К

Кабашникова Л. Ф. 218
 Каленикова Е. И. 117
 Каменев В. 422
 Капустин М. А. 222, 351
 Келдыш М. А. 386
 Кильчевский А. В. 280
 Китаева М. В. 22, 157
 Клименко А. В. 474
 Климчук А. Т. 479
 Климчук С. К. 479
 Коба В. П. 60, 63
 Коваленко Н. А. 3
 Ковальская Л. А. 359
 Ковзунова О. В. 226, 230, 346
 Козел Н. В. 234
 Колбас Н. Ю. 69, 106
 Колесниченко Е. В. 10
 Колмаков П. Ю. 186
 Колоян А. О. 86

Колтун Н. Е. 450
 Комардина В. С. 390
 Кондратьева В. В. 74
 Кондрацкая И. П. 238
 Константинов А. В. 245, 414
 Кориняк С. И. 394
 Косык О. И. 145
 Криницкая Н. Б. 113
 Кувшинова Н. М. 422
 Кудин М. В. 123, 496
 Кудряшова О. А. 341
 Кузовкова А. А. 346
 Кузьмина Т. В. 209
 Кулагин Д. В. 245
 Курченко В. П. 222, 249, 351
 Кутас Е. Н. 256, 259
 Кухарева Л. В. 299

Л

Ласло О. А. 481
 Левон В. Ф. 485
 Левон Ф. М. 485
 Левый А. В. 295
 Леконцева Т. Г. 213
 Леонова И. Н. 291
 Леонтьев В. Н. 3, 299
 Лещенко А. Ю. 10
 Линник Л. И. 437
 Литвинова С. В. 397, 408
 Логвина А. О. 263
 Лукаткин А. С. 172
 Лукша В. И. 295
 Лунина Н. М. 459, 489
 Люсиков О. М. 193

М

Мазец Ж. Э. 152
 Мазур Т. В. 346
 Макаров В. Н. 218
 Макеева О. В. 493
 Мартиросян Л. Ю. 77
 Межнина О. А. 268
 Миронова Л. Н. 103
 Миронова О. Ю. 148
 Митрофанова И. В. 175, 198, 209
 Митрофанова О. В. 175
 Михайлик А. Ю. 10
 Михневич Р. Л. 450
 Мокшин Е. В. 172

Молканова О. И. 272
 Мухаметвафина А. А. 275

Н

Назаренко Н. Н. 422
 Наумова Н. И. 371
 Николайчук А. М. 162
 Никонович Т. В. 280
 Носов А. М. 284

О

Овакимян Ж. О. 81
 Овсепян А. С. 86
 Огородник Л. Е. 401
 Ожерельева З. Е. 90
 Олехнович Л. С. 74
 Орловская О. А. 291
 Осадовский З. 359, 364

П

Павловский Н. Б. 256, 259
 Палий А. Е. 46, 98
 Палий И. Н. 46
 Пантелеев С. В. 245, 414
 Папельбу В. В. 63
 Пастухова И. С. 403
 Поболовец Т. А. 40
 Полухович Ю. В. 295
 Попов Е. Г. 299
 Прокопий А. И. 364
 Прохоров А. А. 94
 Пузанкевич Е. Г. 462
 Пучило А. В. 496

Р

Работягов В. Д. 98
 Рак Н. С. 397, 408
 Реут А. А. 103
 Решетников В. Н. 106, 157, 226, 238, 284, 317
 Ризевский С. В. 249
 Рогинский А. С. 412
 Рожнова Н. А. 190, 303
 Романова М. Л. 496
 Ростовцева М. В. 117
 Рубель И. Э. 414
 Рудевич М. Н. 109, 496
 Рупасова Ж. А. 113

Русецкий С. Г. 496

С

Савин П. С. 306
 Савич И. М. 299
 Савченко Г. Е. 218
 Сагарадзе В. А. 117
 Салтан Н. В. 501
 Сауткин Ф. В. 419
 Сахно Т. М. 63, 120
 Свистова И. Д. 422
 Свистунова Н. Ю. 308
 Святковская Е. А. 501
 Селиванова К. М. 479
 Семененкова А. А. 337
 Семёнова М. В. 74
 Семёнов О. М. 135
 Сидорович Е. А. 123
 Синицына А. А. 312
 Синчук О. В. 426
 Сиромля Т. И. 53
 Ситпаева Г. Т. 505
 Скаковский Е. Д. 152
 Сливкин А. И. 142
 Солдатенков Г. И. 127
 Спиридович Е. В. 152, 157, 249, 284, 317
 Ставцева И. В. 198
 Станкявичене А. 454
 Степанова Е. А. 430
 Столепченко В. А. 238
 Субоч В. П. 40
 Супиченко Г. Н. 3
 Сысоева А. В. 324
 Сыщиков Д. В. 132

Т

Таварткиладзе К. Г. 434
 Тадевосян П. Е. 86
 Тевфик А. Ш. 175
 Терехина Н. В. 135
 Тимофеева В. А. 375, 437, 445
 Титок В. В. 157, 299
 Тихомирова Л. И. 6, 312, 324, 329
 Тишин Д. В. 139
 Ткаченко Г. М. 359, 364
 Тринеева О. В. 142
 Тростенюк Н. Н. 501
 Трусов Н. А. 117

Тычина И. Н. 299
Тычинская Л. Ю. 152

У

Урбанович О. Ю. 268
Урбанович О. Ю. 355

Ф

Фардеева М. Б. 139
Феделеш-Гладинец М. И. 57
Федоренко М. П. 341
Федоров А. В. 213
Федосеева И. В. 355
Феськова Е. В. 299
Филипеня В. Л. 86
Филиппова С. Н. 334, 337
Филонюк В. А. 249
Французенок В. В. 280
Фролова Л. В. 113

Х

Халявин И. А. 6
Харькова А. О. 222
Хоменко И. М. 145
Хохлов С. Ю. 98, 209
Хрипач В. А. 341
Хромов А. Ф. 120

Ц

Цыганков В. Г. 249

Ч

Чайка Т. А. 508
Чалей А. В. 341
Червань А. Н. 496
Червякова О. Н. 386
Чижик О. В. 86, 106, 238, 346
Чубарова А. С. 222, 351
Чуб В. В. 148
Чургулия-Шургая М. М. 434

Ш

Шабуня П. С. 317
Шакун А. А. 412
Шимко В. Е. 193

Ширяева Н. В. 441
Шишлова-Соколовская А. М. 355
Шиш С. Н. 152
Шлапак Е. П. 501
Шпитальная Т. В. 113
Шутова А. Г. 3, 152, 157

Щ

Щербаков Р. А. 202

Э

Эрст А. А. 230
Эсауленко М. 249

Ю

Юрин В. М. 263, 284, 337
Юхимук А. Н. 238

Я

Яковлев А. П. 18, 123, 162
Ярук И. В. 375, 445
Ярчаковская С. И. 450

А

Ahramovich T. I. 3
Akhmetova A. Sh. 167
Alferovich Zh. D. 26
Anoshenko B. Yu. 299
Antipin M. I. 31
Antokhina S. P. 18
Arkharov A. V. 35
Averina N. G. 202
Avetisyan S. V. 86
Azaryan K. G. 77, 86
Azizbekyan S. G. 226, 230

В

Babaeva E. Y. 117
Balekin A. Y. 31
Balko A. B. 57
Bashilov A. V. 317
Bazarnova N. G. 6, 312, 324
Bazyak T. O. 10

Belousova N. L. 459, 489
Belyaj M. O. 238
Bely P. N. 123, 162
Blinkovsky Ye. D. 35
Bolshakova E. V. 172
Bondaruk A. M. 249
Borovskii G. B. 355
Brailko V. A. 15, 60, 175
Brukhin V. 179
Buchenkov I. E. 127
Buga S. V. 383, 412
Bulahova A. S. 334
Bulavko G. I. 18, 162
Bulda K. Y. 234
Buy A. V. 341
Buyun L. 359, 364

С

Chaley A. V. 341
Chayka T. A. 508
Chervan A. M. 496
Chervyakova O. N. 386
Chizhik O. V. 86, 106, 238, 346
Choob V. V. 148
Chubarova A. S. 222, 351
Churgulia-Shurgaya M. 434

D

Danilina N. I. 234
Danilina N. N. 74
Deeva A. M. 106
Dichenko O. Y. 508
Dishuk N. G. 375, 379, 414

E

Emelyanova I. S. 172
Erst A. A. 230
Esaulev M. 249

F

Fardeeva M. B. 139
Fedelezh-Gladinets M. I. 57
Fedorenko M. P. 341
Fedorov A. V. 213
Fedoseeva I. V. 355
Feskova A. V. 299
Filipava S. N. 334, 337
Filipenia V. L. 86

Filonuk V. A. 249
Frantsuzionok V. V. 280
Frolova L. V. 113

G

Garanovich I. M. 35, 113, 496
Gerashchenkov G. A. 190, 303
Gerasimchuk V. 63
Gil T. V. 157, 299
Golovchenko L. A. 375, 414,
437, 445
Gontar O. B. 501
Gordei I. A. 193
Gordei I. S. 193
Grebennikova O. A. 46
Gribok N. A. 256, 259
Gubanova T. B. 50
Gukasian O. N. 295
Gyrenko O. 359

H

Hetka N. V. 40
Honcharenko V. 364
Hovakimyan Zh. H. 81
Hovsepyan A. S. 86

I

Ignatovets O. S. 299
Ilenko A. A. 485
Ilyicheva T. N. 312, 324
Isaeva A. N. 213
Ivanova L. A. 470
Ivanova N. N. 209
Ivashchenko I. V. 57

K

Kabashnikova L. F. 218
Kalenikova E. I. 117
Kamenev V. 422
Kapustin M. A. 222, 351
Keldysh M. A. 386
Khalyavin I. A. 6
Kharkova A. O. 222
Khohlov Y. S. 98
Khokhlov S. Yu. 209
Khomenko I. M. 145
Khripach V. A. 341
Khromov F. F. 120

Kilchevsky A. V. 280
Kitayeva M. V. 22
Klimchuk A. T. 479
Klimchuk S. K. 479
Klimenko A. V. 474
Koba V. P. 60, 63
Kolbas N. Y. 69, 106
Kolesnichenko E. V. 10
Kolmakov P. Yu. 186
Koloyan H. O. 86
Koltun N. E. 450
Komardina V. S. 390
Kondrat'eva V. V. 74
Kondratskaya I. P. 238
Konstantinov A. V. 245, 414
Koriniak S. 394
Kosyk O. I. 145
Kovalenko N. A. 3
Kovalska L. 359
Kovzunova O. V. 226, 230, 346
Kozel N. V. 234
Krinitskaya N. B. 113
Kudin M. V. 123, 496
Kudryashova O. A. 341
Kukhareva L. V. 299
Kulagin D. V. 245
Kurchenko V. P. 222, 249, 351
Kutas E. N. 256, 259
Kuvshinova N. M. 422
Kuzmina T. N. 209
Kuzovkova A. A. 346

L

Laslo O. A. 481
Lekonцева T. G. 213
Leonova I. N. 291
Leontiev V. N. 3, 299
Leshchenko A. Ju. 10
Levon F. M. 485
Levon V. F. 485
Levy A. V. 295
Linnik L. I. 437
Litvinova S. V. 397, 408
Lukatkin A. S. 172
Luksha V. I. 295
Lunina N. M. 459, 489
Lyusikov O. M. 193
Lohvina H. O. 263

M

Makarov V. N. 218
Makeieva O. V. 493
Martirosyan L. U. 77
Mazets Z. E. 152
Mazur T. V. 346
Meznina O. A. 268
Mihailik A. Ju. 10
Mikhnevich R. L. 450
Mironova L. N. 103
Mironova O. U. 148
Mitrofanova I. V. 175, 198, 209
Mitrofanova O. V. 175
Mokshin E. V. 172
Molkanova O. I. 272
Mukhametvafina A. A. 275

N

Naumova N. I. 371
Nazarenko N. N. 422
Nikanovich T. V. 280
Nikolaichuk A. M. 162
Nosov A. M. 284

O

Ogorodnik L. Y. 401
Olecknovich L. S. 74
Orlovskaya O. A. 291
Osadowski Z. 359, 364
Ozherelieva Z. E. 90

P

Paliukhovich Y. V. 295
Paliy A. E. 46, 98
Paliy I. N. 46
Panteleev S. V. 245, 414
Papelbu V. 63
Pastukhova I. S. 403
Pavlovsky N. B. 256, 259
Pobolovets T. A. 40
Popoff E. G. 299
Prochorov A. A. 94
Prokopiv A. 364
Puchilo A. V. 496
Puzankevich E. 462

R

Rabotyagov V. D. 98
 Rak N. S. 397, 408
 Reshetnikov V. N. 106, 157, 226,
 238, 284, 317
 Reut A. A. 103
 Rizevsky S. V. 249
 Roginsky A. S. 412
 Romanova M. L. 496
 Rostovtseva M. V. 117
 Rozhnova N. A. 190, 303
 Rubel I. E. 414
 Rudevich M. N. 109, 496
 Rupasova Zh. A. 113
 Rusetsky S. G. 496

S

Sagaradze V. A. 117
 Sakhno T. M. 63, 120
 Saltan N. V. 501
 Sautkin F. V. 419
 Savchenko G. E. 218
 Savich I. M. 299
 Savin P. S. 306
 Selivanova K. M. 479
 Semenenkova A. A. 337
 Semenova M. V. 74
 Semenov O. M. 135
 Shabunya P. S. 317
 Shakun A. A. 412
 Shcherbakov R. A. 202
 Shimko V. E. 193
 Shiryayeva N. V. 441
 Shishlova-Sokolovskaya A. M.
 355
 Shlapak E. P. 501
 Shpitalnaya T. V. 113
 Shutava H. G. 3, 152, 157
 Shysh S. N. 152
 Sidorovich E. A. 123
 Sinchuk A. V. 426
 Sinitsyna A. A. 312

Siromlya T. I. 53
 Sitpayeva G. T. 505
 Skakovskii E. D. 152
 Slivkin A. I. 142
 Soldatenkov G. I. 127
 Spiridovich E. V. 152, 157, 249,
 284, 317
 Stankevičienė A. 454
 Stavtzeva I. V. 198
 Stepanova E. A. 430
 Stolepchenko V. A. 238
 Subach V. P. 40
 Supichenko G. N. 3
 Sviatkovskaya E. A. 501
 Svistova I. D. 422
 Syshchikov D. V. 132
 Sysoyeva A. V. 324

T

Tadevosyan P. Ye. 86
 Tavartkiladze K. 434
 Terekhina N. V. 135
 Tevfik A. Sh. 175
 Tikhomirova L. I. 6, 312, 324,
 329
 Timofeeva V. A. 375, 437, 445
 Tishin D. V. 139
 Titok V. V. 157, 299
 Tkachenko H. 359, 364
 Trineeva O. V. 142
 Trostenjuk N. N. 501
 Trusov N. A. 117
 Tsigankov V. G. 249
 Tychinskaya L. Yu. 152

U

Urbanovich O. Yu. 268, 355

V

Vakula C. I. 291
 Valitskaya G. 462

Varfolomeeva E. A. 371
 Vashkevich M. N. 123
 Vasilevskaya T. I. 113
 Vasko P. P. 238
 Veyevnik A. A. 256, 259
 Voinilo N. V. 437
 Voitsehovskaya E. A. 22, 106
 Volodko I. K. 26
 Volotovich A. A. 341
 Voronkova E. V. 295
 Voronkova T. V. 74
 Vysotskaya O. N. 31, 284
 Vysotskiy Yu. I. 186

Y

Yakovlev A. P. 18, 123, 162
 Yarkchakovskaya S. I. 450
 Yaruk I. V. 375, 445
 Yegorova N. A. 198, 205
 Yemelyanova A. V. 202
 Yermishin A. P. 295
 Yukhimuk A. N. 238
 Yurin V. M. 263, 284, 337

Z

Zagorskaya M. S. 205
 Zagurskaya Yu. V. 53
 Zaripova A. A. 167
 Zavadskaya L. V. 459
 Zharych V. M. 295
 Zhorov D. G. 383
 Zubarev A. V. 317
 Zubkova N. V. 175

Оглавление

Секция 3.

Экология, физиология и биохимия интродуцированных растений

<i>Коваленко Н. А., Ахрамович Т. И., Супиченко Г. Н., Леонтьев В. Н., Шутова А. Г.</i> Антибактериальная активность эфирного масла <i>Agastache aurantiaca</i>	3
<i>Базарнова Н. Г., Тихомирова Л. И., Халявин И. А.</i> Накопление элементов-биофилов и тяжёлых металлов в биотехнологическом сырье <i>Iris sibirica</i> L.	6
<i>Базяк Т. О., Михайлик А. Ю., Лещенко А. Ю., Колесниченко Е. В.</i> Поликомпонентные нанопрепараты как базис оптимизации технологий зеленого строительства Украины	10
<i>Браилко В. А.</i> Морозостойкость и способности к закаливанию декоративных интродуцентов семейства <i>Caprifoliaceae</i> Juss. при культивировании на Южном берегу Крыма	15
<i>Булавко Г. И., Яковлев А. П., Антохина С. П.</i> Влияние стимуляторов роста растений на активность почвенных микроорганизмов в корнеобитаемом слое торфа в посадках клюквы крупноплодной	18
<i>Войцеховская Е. А., Китаева М. В.</i> Изучение биохимического состава некоторых сортов рода <i>Paeonia</i> L. в коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси.....	22
<i>Володько И. К., Алферович Ж. Д.</i> Сезонная динамика фотосинтетической активности листьев рододендронов (по данным регистрации флуоресценции).....	26
<i>Высоцкая О. Н., Балекин А. Ю., Антипин М. И.</i> Коллекция редких кактусов из жидкого азота	31
<i>Гаранович И. М., Архаров А. В., Блинковский Е. Д.</i> Влияние препарата Наноплант на рост и развитие саженцев декоративных древесных интродуцентов.....	35
<i>Гетко Н. В., Поболовец Т. А., Субоч В. П.</i> Летучие компоненты, выделяемые в воздушную среду листьями оранжерейных растений <i>Myrtus communis</i> и <i>Psidium cattleianum</i> (<i>Myrtaceae</i> Adans.)	40
<i>Гребенникова О. А., Палий А. Е., Палий И. Н.</i> Особенности накопления фенольных соединений и изменения активности полифенолоксидаза у некоторых сортов <i>Olea europaea</i>	46

Губанова Т. Б. Потенциальная морозостойкость и особенности морозных повреждений у представителей семейства <i>Oleaceae</i> в условиях Южного берега Крыма	50
Загурская Ю. В., Сиромля Т. И. Элементный химический состав <i>Leonurus quinquelobatus</i> на юге Западной Сибири	53
Иващенко И. В., Балко А. Б., Феделеш-Гладинец М. И. Изучение антимикробных свойств экстракта хризантемы увенчанной при интродукции в Полесье Украины.....	57
Коба В. П., Браилко В. А. Некоторые аспекты водного режима декоративных растений в парковых сообществах.....	60
Коба В. П., Герасимчук В. Н., Папельбу В. В., Сахно Т. М. Динамика роста побегов некоторых видов рода <i>Albizia</i> Durazz. на Южном берегу Крыма	63
Колбас Н. Ю. Биохимический состав и антиоксидантная активность плодов винограда в условиях г. Брест.....	69
Кондратьева В. В., Семёнова М. В., Олехнович Л. С., Данилина Н. Н., Воронкова О. В. Салициловая и абсцизовая кислоты в листьях тюльпанов в связи с устойчивостью к грибным заболеваниям при выращивании растений без ежегодной выкопки.....	74
Мартыросян Л. Ю., Азарян К. Г. Эффективность применения микоризного биостимулятора Миконет при выращивании некоторых декоративных многолетников	77
Овакимян Ж. О. Эколого-физиологические особенности некоторых редких псаммофильных видов растений Армении в условиях <i>in situ</i> и <i>ex situ</i>	81
Овсепян А. С., Аветисян С. В., Тадевосян П. Е., Азарян К. Г., Колоян А. О., Филипьян В. Л., Чижик О. В. Инсектицидная активность меланиногенных штаммов <i>Bacillus thuringiensis</i>	86
Ожерельева З. Е. Изучение потенциала морозостойкости разных видов <i>Sorbus</i> в период оттепели	90
Прохоров А. А. О самоорошении растений.....	94
Работягов В. Д., Палий А. Е., Хохлов С. Ю. Компонентный состав эфирных масел новых гибридных форм <i>Nepeta</i> L.....	98
Реут А. А., Миронова Л. Н. Аминокислотный состав семян некоторых представителей рода <i>Paeonia</i> L. при интродукции в Республике Башкортостан.....	103
Решетников В. Н., Колбас Н. Ю., Чижик О. В., Деева А. М., Войцеховская Е. А. Антоцианы плодов представителей растений семейства <i>Rosaceae</i> и <i>Ericaceae</i> и их антиоксидантная активность	106

Рудевич М. Н. Теоретические аспекты комплексного экологического мониторинга дендрологических коллекций на примере дендрария Центрального ботанического сада НАН Беларуси.....	109
Рупасова Ж. А., Гаранович И. М., Шпитальная Т. В., Василевская Т. И., Криницкая Н. Б., Фролова Л. В. Биохимический состав плодов интродуцированных сортов актинидии коломикта (<i>Actinidia kolomikta</i> Maxim. & Rupr.) Maxim) в Беларуси.....	113
Сагарадзе В. А., Бабаева Е. Ю., Каленикова Е. И., Трусов Н. А., Ростовцева М. В. Сравнительная оценка содержания флавоноидов в цветках с листьями некоторых видов рода <i>Crataegus</i>	117
Сахно Т. М., Хромов А. Ф. Некоторые аспекты интродукции североамериканских видов рода <i>Pinus</i> L. в Никитском ботаническом саду.....	120
Сидорович Е. А., Кудин М. В., Яковлев А. П., Белый П. Н., Вашкевич М. Н. Центральный ботанический сад и охрана природы в Беларуси.....	123
Солдатенков Г. И., Бученков И. Э. Характеристика видов растительности и биотических групп заказника «Простырь».....	127
Сыщиков Д. В. Особенности аккумуляции восстановленной формы глутатиона в листьях некоторых видов древесно-кустарниковых растений.....	132
Терехина Н. В., Семёнов О. М. Визуальная оценка экологического состояния клена остролистного (<i>Acer platanoides</i>) и других древесных пород в парке-дендрарии Ботанического сада БИН им. В. Л. Комарова РАН.....	135
Тишин Д. В., Фардеева М. Б. Дендрохронологические исследования бархата амурского (<i>Phellodendron amurense</i> Rupr.), акклиматизированного на востоке Русской равнины.....	139
Тринеева О. В., Сливкин А. И. Определение витаминов группы В в листьях крапивы двудомной.....	142
Хоменко И. М., Косык О. И. Изменение содержания пластидных и непластидных пигментов в листьях капусты декоративной (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> L.) в условиях городских ландшафтов Киева.....	145
Чуб В. В., Миронова О. Ю. Влияние различных источников света на рост и развитие растений.....	148
Шиш С. Н., Шутова А. Г., Спиридович Е. В., Скаковский Е. Д., Тычинская Л. Ю., Мазец Ж. Э. Физиолого-биохимические особенности <i>Nigella sativa</i> L. при культивировании в Беларуси.....	152
Шутова А. Г., Спиридович Е. В., Титок В. В., Гиль Т. В., Китаева М. В., Решетников В. Н. Антирадикальная активность листьев женьшеня.....	157

Яковлев А. П., Белый П. Н., Николайчук А. М., Булавко Г. И. Развитие подполового яруса растительности в сосновых насаждениях вокруг предприятия по производству цемента.....	162
--	-----

Секция 4.

Биотехнологические и молекулярно-генетические аспекты изучения и использования биоразнообразия растений

Ахметова А. Ш., Зарипова А. А. Морфогенез некоторых видов рода <i>Hedysarum</i> L. <i>in vitro</i>	167
Большакова Е. В., Емельянова И. С., Мокшин Е. В., Лукаткин А. С. Влияние состава питательных сред на морфогенез орхидей <i>in vitro</i>	172
Браилко В. А., Тевфик А. Ш., Митрофанова И. В., Митрофанова О. В., Зубкова Н. В. Особенности морфогенеза, структуры и физиологии растений <i>Сanna × hybrida hort. ex Backer</i> сорта 'Дар Востока' в культуре <i>in vitro</i>	175
Брюхин В. Б. Молекулярно-генетическая регуляция апомиксиса	179
Высоцкий Ю. И., Колмаков П. Ю. Изучение генетической гетерогенности гигантских борщевиков в инвазивных популяциях на востоке Витебской области.....	186
Геращенко Г. А., Рожнова Н. А. Подбор и дизайн мишень в 5' UTR области гена DYAD для CRISPR/Cas9 геномного конструирования апомейоза у арабидопсиса.....	190
Гордей И. А., Люсиков О. М., Гордей И. С., Шимко В. Е. Создание и молекулярно-генетическая характеристика нового генофонда ржи и ржано-пшеничных амфидиплоидов секалотритикум	193
Егорова Н. А., Ставцева И. В., Митрофанова И. В. Влияние генотипа и факторов культивирования на микроразмножение <i>in vitro Lavandula angustifolia</i> Mill.	198
Емельянова А. В., Щербаков Р. А., Аверина Н. Г. 5-аминолевулиновая кислота как стимулятор активности антиоксидантной защитной системы растений озимого рапса	202
Загорская М. С., Егорова Н. А. Влияние сорта и длительности культивирования на клональное микроразмножение мяты <i>in vitro</i>	205
Иванова Н. Н., Митрофанова И. В., Кузьмина Т. В., Хохлов С. Ю. Регенерация микропобегов в культуре высечек листьев хурмы восточной.....	209
Исаева А. Н., Леконцева Т. Г., Федоров А. В. Оптимизация технологических приемов размножения <i>Vitis vinifera</i> L. в культуре <i>in vitro</i> при интродукции в условиях Среднего Предуралья.....	213

Кабашникова Л. Ф., Макаров В. Н., Савченко Г. Е. Активация синтеза фенольных соединений в каллусной культуре красной фасоли (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) с помощью экзогенной салициловой кислоты	218
Капустин М. А., Харькова А. О., Чубарова А. С., Курченко В. П. Выделение и анализ состава куркуминоидов в экстрактах корневища <i>Curcuma longa</i>	222
Ковзунова О. В., Решетников В. Н., Азизбеян С. Г. Воздействие наночастиц меди на протеомный статус душицы обыкновенной	226
Ковзунова О. В., Эрст А. А., Азизбеян С. Г. Влияние наночастиц металлов на протеомный статус представителей рода <i>Silene</i> L.	230
Козел Н. В., Данилина Н. И., Булда К. Ю. Стимуляция светодиодным освещением накопления фикоцианина и фенольных соединений в клетках <i>Spirulina platensis</i>	234
Кондрацкая И. П., Столепченко В. А., Юхимук А. Н., Чижик О. В., Беляй М. О., Васько П. П., Решетников В. Н. Создание фертильных межродовых гибридов житняка (<i>Agropyron cristatum</i>) с райграсом пастбищным (<i>Lolium perenne</i>) с использованием геномной и клеточной биотехнологии.....	238
Константинов А. В., Кулагин Д. В., Пантелеев С. В. Разработка унифицированной технологии микроразмножения и поддержания коллекции перевиваемых культур тканей берез секции <i>Albae</i> Regel.....	245
Курченко В. П., Ризевский С. В., Эсауленко М., Цыганков В. Г., Бондарук А. М., Филонюк В. А., Спиридович Е. В. Состав и содержание биологически активных веществ в коре различных видов сирени Центрального ботанического сада НАН Беларуси	249
Кутас Е. Н., Грибок Н. А., Веевник А. А., Павловский Н. Б. Влияние стерилизующих соединений на выход жизнеспособных эксплантов интродуцированных сортов хризантемы корейской (<i>Chrysanthemum coreanum</i> Nakai ex T. Mori) и жимолости съедобной (<i>Lonicera edulis</i> Turcz. ex Freyn).....	256
Кутас Е. Н., Грибок Н. А., Веевник А. А., Павловский Н. Б. Морфогенез интродуцированных сортов жимолости съедобной (<i>Lonicera edulis</i> Turcz. ex Freyn) в зависимости от состава питательных сред.....	259
Логвина А. О., Юрин В. М. Сравнительная характеристика гетеротрофных и фотомиксотрофных линий каллусных культур пажитника греческого	263
Межнина О. А., Урбанович О. Ю. Анализ генетического разнообразия представителей рода <i>Fragaria</i> L., произрастающих на территории Республики Беларусь	268
Молканова О. И. Биотехнологические аспекты культивирования <i>in vitro</i> некоторых перспективных сортов ягодных культур	272

Мухаметвафина А. А. Размножение хост в культуре <i>in vitro</i> фрагментами цветоносов.....	275
Никонович Т. В., Французенок В. В., Кильчевский А. В. Особенности выращивания горечавки лёгочной (<i>Gentiana pneumonanthe</i>) в культуре <i>in vitro</i>	280
Носов А. М., Юрин В. М., Спиридович Е. В., Высоцкая О. Н., Решетников В. Н. Биотехнологические коллекции растений и криобанки — важная часть Национального банка-депозитария живых систем.....	284
Орловская О. А., Вакула С. И., Леонова И. Н. Гибридизация сортов мягкой пшеницы с линиями <i>T. aestivum</i> , содержащими чужеродный генетический материал	291
Полюхович Ю. В., Лукша В. И., Левый А. В., Воронкова Е. В., Гукасян О. Н., Жарич В. М., Ермишин А. П. Оценка генетического разнообразия цитоплазм дикого аллотетраплоидного вида <i>Solanum stoloniferum</i> в связи с проблемой мужской стерильности межвидовых гибридов.....	295
Попов Е. Г., Кухарева Л. В., Гиль Т. В., Савич И. М., Тычина И. Н., Аношенко Б. Ю., Игнатовец О. С., Феськова Е. В., Леонтьев В. Н., Титок В. В. Растения Центрального ботанического сада НАН Беларуси как источники неогаленовых препаратов.....	299
Рожнова Н. А., Геращенко Г. А. CRISPR/Cas9 геномное редактирование промоторной области гевеин-подобного гена арабидопсиса	303
Савин П. С. Технология получения альтернативного лекарственного растительного сырья — клеточной биомассы василистника малого, продуцента берберина	306
Свиштунова Н. Ю. Изучение влияния продолжительности и режима хранения сортовых семян лекарственных растений на основные посевные качества и цитогенетические характеристики их проростков.....	308
Синицына А. А., Тихомирова Л. И., Базарнова Н. Г., Ильичёва Т. Н. Сравнительная характеристика химического состава и определение биологической активности растительной биомассы <i>Iris sibirica</i> L. разного способа получения.....	312
Спиридович Е. В., Шабуня П. С., Башилов А. В., Зубарев А. В., Решетников В. Н. Оценка представителей рода <i>Syringa</i> L. с выявлением таксонов, обладающих высокой продуктивностью сиригина и антиоксидантной активностью.....	317
Сысоева А. В., Тихомирова Л. И., Базарнова Н. Г., Ильичёва Т. Н. Комплексный анализ растительного сырья <i>Potentilla alba</i> L., полученного на основе биотехнологии	324

Тихомирова Л. И. Клеточная дифференциация и лигнификация ксилемы у <i>Iris sibirica</i> L. <i>in vitro</i>	329
Филиппова С. Н., Булахова А. С. Влияние автоклавированных препаратов альгината натрия на ростовые параметры и накопление флавоноидов в каллусной культуре <i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don.....	334
Филиппова С. Н., Семеновичева А. А., Юрин В. М. Влияние D-триптофана на ростовые характеристики и накопление фенольных соединений в каллусной культуре <i>Vinca minor</i> L.	337
Чалей А. В., Буй А. В., Кудряшова О. А., Вологович А. А., Федоренко М. П., Хрипач В. А. Эффекты 24-эпибрассинолида на прорастание семян и рост эксплантов ели европейской <i>Picea abies</i> (L.) Karst. на этапе асептического введения в культуру <i>in vitro</i> при разных типах освещения	341
Чижик О. В., Ковзунова О. В., Мазур Т. В., Кузовкова А. А. Разработка технологии биовосстановления ионов серебра в наночастицы с использованием экстрактов лекарственных растений.....	346
Чубарова А. С., Капустин М. А., Курченко В. П. Вторичные метаболиты растений как маркеры внутривидового разнообразия растений	351
Шишлова-Соколовская А. М., Урбанович О. Ю., Федосеева И. В., Боровский Г. Б. Трансгенные растения, экспрессирующие ген <i>Arabidopsis thaliana</i> NDB2 как модель для изучения реакции растения на стресс	355
Buyun L., Tkachenko H., Osadowski Z., Kovalska L., Gyrenko O. Antimicrobial properties of an epiphytic orchid <i>Coelogyne assamica</i> Linden & Rchb. f. against <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	359
Tkachenko H., Buyun L., Osadowski Z., Honcharenko V., Prokopiv A. Preliminary studies of antibacterial activity of leaf extract of <i>Ficus natalensis</i> subsp. <i>natalensis</i> Hochst. (<i>Moraceae</i>)	364

Секция 5.

Проблемы защиты растений в ботанических садах

Варфоломеева Е. А., Наумова Н. И. Защита декоративных растений от оранжерейной (тепличной) белокрылки в Ботаническом саду Петра Великого	371
Головченко Л. А., Дишук Н. Г., Тимофеева В. А., Ярук И. В. Инвазии чужеродных видов патогенных грибов в насаждениях Беларуси	375
Дишук Н. Г. Новые экологически-ориентированные технологии защиты посадочного материала от болезней и вредителей в питомниках и лесных культурах в Беларуси.....	379

Жоров Д. Г., Буга С. В. Интродукция растений как фактор формирования комплекса инвазивных видов гемиптероидных насекомых (<i>Hemipteroidea</i>) рецентной фауны Беларуси.....	383
Келдыш М. А., Червякова О. Н. Особенности защиты растений от вирусов в искусственных экосистемах Главного ботанического сада РАН	386
Комардина В. С. Проблемы защиты насаждений яблони от инвазивных видов фитопатогенных микроорганизмов	390
Кориняк С. И. Фитопатогенные микромицеты на культивируемых лекарственных растениях семейства <i>Lamiaceae</i> , интродуцированных в Беларуси.....	394
Литвинова С. В., Рак Н. С. Основные виды возбудителей болезней и вредителей интродуцированных древесно-кустарниковых растений сем. <i>Rosaceae</i> в дендрарии Полярно-альпийского ботанического сада	397
Огородник Л. Е. Бактериальные болезни водных растений	401
Пастухова И. С. Видовой состав вредителей и возбудителей болезней плодов, семян растений, включенных в делектус дендрария «Сочинского национального парка»	403
Рак Н. С., Литвинова С. В. Инсектарий и его значение для биологического контроля численности вредителей в коллекционной оранжерее Полярно-альпийского ботанического сада	408
Рогинский А. С., Шакун А. А., Буга С. В. Опыт использования свободного программного обеспечения — СУБД LibreOffice Base для создания баз данных по фитофагам — вредителям декоративных растений	412
Рубель И. Э., Пантелеев С. В., Головченко Л. А., Дишук Н. Г., Константинов А. В. Молекулярно-генетическая идентификация фитопатогенов некоторых цветочных растений в насаждениях Беларуси	414
Сауткин Ф. В. Комплекс насекомых — вредителей деренов (<i>Cornus spp.</i>) в условиях зеленых насаждений Беларуси.....	419
Свистова И. Д., Назаренко Н. Н., Кувшинова Н. М., Каменев В. Видовой состав микромицетов почвы Ботанического сада имени Б. А. Келлера Воронежского государственного агроуниверситета	422
Синчук О. В. Спектр кормовых растений инвазивных видов минирующих филлофагов рода <i>Phyllonorycter</i> Hübner, 1822 в условиях Беларуси и других регионов мира	426

Степанова Е. А. Эффективность применения биопрепаратов на розах.....	430
Таварткиладзе К. Г., Чургулия-Шургая М. М. Грибы, ассоциированные с Гинкго билоба, в Национальном ботаническом саду Грузии.....	434
Тимофеева В. А., Головченко Л. А., Войнило Н. В., Линник Л. И. Эффективность применения фунгицидов в защите конского каштана обыкновенного от бурой пятнистости листьев.....	437
Ширяева Н. В. Проблемы защиты коллекционных растений сочинских парков «Дендрарий» и «Южные культуры» от вредных насекомых и болезней	441
Ярук И. В., Тимофеева В. А., Головченко Л. А. Эффективность препаратов фунгицидного действия по отношению к грибу <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary.....	445
Ярчаковская С. И., Колтун Н. Е., Михневич Р. Л. Феромониторинг плодовой рябинной и смородинной почковой молей в насаждениях ягодных культур.....	450
Stankevičienė A. State monitoring of woody plants in urban recreational green plantations in Lithuania.....	454

Секция 6.

Современные направления ландшафтного дизайна и зеленого строительства

Белоусова Н. Л., Лунина Н. М., Завадская Л. В. Коллекции лаборатории интродукции и селекции орнаментальных растений, перспективы их формирования и использования.....	459
Валицкая Г. С., Пузанкевич Е. Г. Зимние сады. История, перспективы и прогнозы	462
Иванова Л. А. Инновационные газонные технологии для улучшения окружающей среды Арктики	470
Клименко А. В. Сравнительный анализ состояния озеленения дворов в г. Киев	474
Климчук С. К., Селиванова К. М., Климчук А. Т. Перспективные сорта <i>Nemerocallis hybrida</i> hort., рекомендуемые для озеленения Жезказганского региона.....	479
Ласло О. А. Особенности внедрения пермакультуры на экологически стабильных территориях, как элемента эколандшафтного дизайна.....	481

<i>Левон Ф. М., Левон В. Ф., Ильенко А. А.</i> О результатах исследований и новых разработках Национального ботанического сада им. Н. Н. Гришко НАН Украины по некоторым важнейшим направлениям улучшения общего состояния зеленых насаждений в г. Киев.....	485
<i>Лунина Н. М., Белоусова Н. Л.</i> Современные тенденции цветочного оформления городов Беларуси.....	489
<i>Макеева О. В.</i> Использования приемов ландшафтного дизайна для формирования разнообразия растительного мира экосистемы.....	493
<i>Романова М. Л., Червань А. Н., Пучило А. В., Кудин М. В., Русецкий С. Г., Рудевич М. Н.</i> Применение современных методов инвентаризации древесно-кустарниковой растительности в садово-парковом хозяйстве.....	496
<i>Святковская Е. А., Тростенюк Н. Н., Гонтарь О. Б., Салтан Н. В., Шлапак Е. П.</i> Особенности создания скверов на урбанизированных территориях Кольского Севера на современном этапе.....	501
<i>Ситпаева Г. Т.</i> О научном значении коллекционных фондов Института ботаники и фитоинтродукции КН МОН РК.....	505
<i>Чайка Т. А., Дыченко О. Ю.</i> Эколого-социо-экономические предпосылки развития зеленого строительства.....	508

Научное издание

**Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении,
изучении и устойчивом использовании разнообразия
растительного мира**

Материалы Международной научной конференции,
посвященной 85-летию Центрального ботанического сада
Национальной академии наук Беларуси

(г. Минск, 6–8 июня 2017 г.)

В двух частях

Часть 2

**Role of Botanical Gardens and Arboretums in conservation,
investigation and sustainable using diversity of the plant world**

Proceedings of the International Conference dedicated to 85th anniversary
of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus

In two parts

Part 2

Ответственные за выпуск *Ольга Козлова, Светлана Кузьменкова*

Редактор *Владимир Титок*

Компьютерный дизайн, верстка *Антонина Невинская*

Дизайн обложки *Элина Иодо*

Подписано в печать 15.05.2017. Формат 60x84¹/₈.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 58,2. Уч.-изд. л. 37,6.

Тираж 230 экз. Заказ 5321.

Издатель и полиграфическое исполнение:

общество с ограниченной ответственностью «Медисонт».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,

распространителя печатных изданий

№ 1/142 от 09.01.2014. № 2/34 от 23.12.2013. ЛП № 02330/20 от 18.12.2013.

Ул. Тимирязева, 9, 220004, Минск.

www.medisont.by