

A löszfalak virágtalan növényzete I. Orografikus sivatag a Kárpát-medencében*

PÓCS Tamás

Eszterházy Károly Főiskola Növénytani Tanszéke, EGER, Pf.43, H-3301, e-mail: colura@gemini.ektf.hu

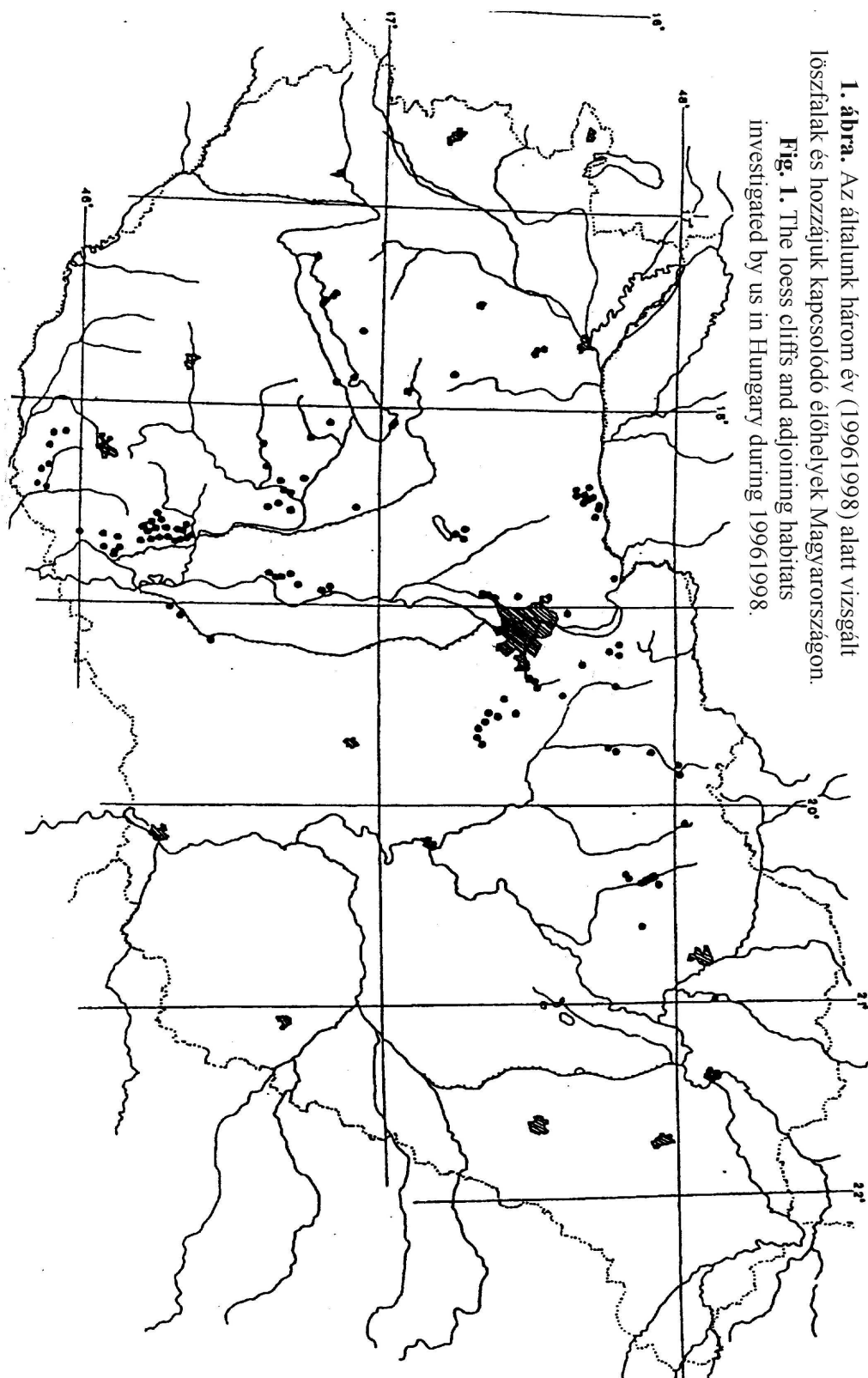
A löszfalak virágtalan vegetációját B.O.VAN ZANTEN holland kollégával (Groningeni Egyetem Ökológiai Tanszéke, Haren) együtt 1996 óta kutatjuk, 1997 óta OTKA támogatással. A vizsgálatok célja a löszfalakon élő moha és zuzmófajok florisztikai és rendszertani kutatása, kevésbé ismert virágtalan társulásainak cönológiai, életforma és stratégia vizsgálata és a társulások jelenlétét biztosító sajátos környezeti körülmények feltárása. A kutatásba GALAMBOS ISTVÁNT, a *Barbuleae* tribus monografusát (GALAMBOS, 1992), LŐKÖS LÁSZLÓ lichenológust, PATKÓ GYÖRGY fizikust és STUMPHAUSER TAMÁS informatikus mérnököt, valamint alkalmilag tanszékünk több tagját is bevontuk, így pl. KIS GABRIELLA az *Aloina* fajok kritikai feldolgozását végzi, ORBÁN SÁNDOR a löszmohák életstratégiáival foglalkozik, SZABÓ ANDRÁS moha makrofotográfiákat és számítógép programokat készít. A gyűjtésben és a herbáriumi anyag feldolgozásában NAGY SÁNDORNÉ és PÓCS TAMÁSÉ laboránsok nyújtanak segítséget. Az eddigi vizsgálatok során felkerestük Tokajhegyalja, a Bükkalja, Cserhát, az Ózdi és a Gödöllői Dombvidékek, a Dunakanyar, a Gerecse, a Bakonyalja és a Balaton-felvidék, a Mezőföld, a Tolnai és a Baranyai Domság, a magyar Duna-Tisza Köze, a jugoszláviai Vajdaság és a Szerémség jelentősebb löszterületeit. Eddig 50 terepnap keretében 151 löszfalon végeztünk intenzív gyűjtést és társulástani felvételezést (ld. 1. ábra). Ennek keretében 52 cönológiai felvétel készült a löszfalakon és velük kapcsolatban lévő társulásokban és 1760 tétel moha és zuzmó került begyűjtésre, melyeknek meghatározása ill. taxonómiai revíziója jelenleg is folyik.

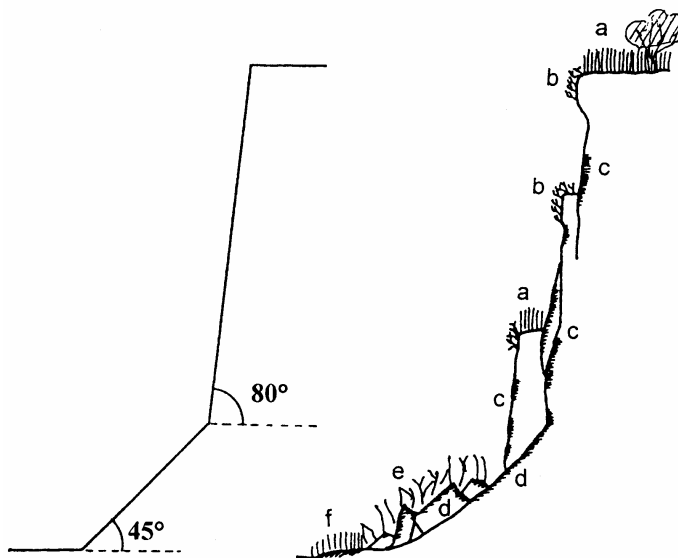
A löszfalak a hazánk és a Kárpát-medence nagy részét borító diluviális eredetű lösztakarónak csak csekély felülethányadát teszik ki, mégis tájféldrajzi és biológiai szempontból egyaránt jelentősek. A lösz mállására jellemző – megfelelő erózióbázis jelenléte esetén – a függőlegest közelítő lejtőszögű falak kialakulása. Ez természetes körülmények között folyóvölgyekben, löszfennsík peremén, löszurdok oldalán következik be. Löszfalak féltermészetes körülmények között is kialakulnak, például löszmélyutak képződése kapcsán. Sőt, a térszint módosító pincesorok vagy házhely bevágások, bánya és útrézsűk mesterséges löszfalait is tekintetbe kell venni, mivel ezekre már 30-50 év elteltével betelepül a környéken előforduló természetes löszfalakét közelítő vegetáció. Ugyanakkor nem minden fajta löszfalon fordul elő látható kriptogám vegetáció. A derázis és infúziós löszök (PÉCSI 1993 értelmezése szerint) szemcseösszetételükkel fogva nem alkalmasak a mohák és zuzmók megtelepedésére, csak az elsődleges, aeolikus lösz, amely sokszor több méter vastag rétegekben fordul elő, de mindig egy löszformáció keretében, fluviális eredetű homokcsíkokkal és interglaciális eredetű palaeotalaj rétegekkel váltakozva. Ez utóbbiak szintén nem kedveznek a löszfallakó virágtalan növénytársulások megtelepedésének, csak az egyenletes 20-50 µm szemcse nagyságú, „sárga” lösz. A löszösszletek fekélyéből kibukkanó pannon homokkő rétegeken újra megjelennek, de már más összetételű kriptogám társulások.

A löszfalakon a löszpusztai erdőktől a lösz-sztyepen és félsivatagi törpecserjésen keresztül az igazi sivatagi moha-zuzmó társulásokig különböző vegetációtípusok élnek, mikrodomborzati viszonyoknak megfelelő eloszlásban (ld. 2. ábra). A löszfal tetején, plakor helyzetben él a zonális lösz erdőpuszta erdőkből (*Aceri tatarici* – *Quercetum pubescentis-roboris* és mások), löszpusztai cserjésből (*Amygdaletum nanae*) és löszpuszta gyepekből (*Salvia* – *Festucetum rupicolae*), löszpuszta rétből, vagy ezek degradációs származékaiból (pl. *Stipetum stenophyllae*, BARÁTH 1967, *Pulsatillo* – *Festucetum rupicolae*, VIRÁGH & FEKETE 1984) álló mozaik. A löszfalak felső peremén, réteglépcsőin eddig is ismert volt a félsivatagi jellegű *Agropyro pectinati* - *Kochietum prostratae* ZÓLYOMI (1958) növénytársulás. A fenti társulások szukcesszióban betöltött szerepéről ZÓLYOMI & FEKETE (1994) ad korszerű összefoglalást. A löszfalak alatti nyílt törmelékletű összefüggő mohagyepék (*Barbuletalia unguiculatae*) élnek, igen gyakran a *Calamagrostis epigeios*, *Phragmites vulgaris*, vagy nitrofil gyomnövények, például *Lycium halimifolium* társulásával mozaikot alkotva.

Moharitkaságokra vonatkozó szórványos florisztikai közlésektől eltekintve (BOROS & POLGÁR 1941, GALAMBOS & ORBÁN 1984, GALAMBOS 1986) a löszfalak közel vagy teljesen függőleges részének mikrovegetációjára hazánkban eddig nem sok figyelmet fordítottak.

* Készült az OTKA T 022575 sz. pályázat támogatásával.





2. ábra. Vegetációtípusok térbeli eloszlása egy átlagos hazai löszfalon. **a:** Plakorhelyzetű löszpuszta-erdő–cserjés- löszgyep mozaik. **b:** Felsősivatagi jellegű *Agropyro – Kochietum*. **c:** Sivatagi jellegű moha-zuzmótársulások. **d:** Törmelékeltő mohagyepje (*Barbuletalia unguiculatae*). **e:** Nitrofil törmelékeltő cserjés vagy gyep. **f:** Másodlagos gyepek, ruderalis növényzet.

Fig. 2. Distribution of different vegetation types on an average loess cliff in Hungary. **a:** Forest steppe mosaic on the flat top. **b:** Dwarf semidesert scrub (*Agropyro – Kochietum*) on the plateau edge and on projections. **c:** Cryptogamic desert communities on the near vertical cliff. **d:** Slope debris with bryophyte mats

(*Barbuletalia unguiculatae*). **e:** Nitrophilous bushes. **f:** Secondary sward or weedy vegetation.

Id. GALLÉ LÁSZLÓ írta le az *Endocarpetum pusilli* zuzmótársulást, Tokajhegyaljáról (GALLÉ 1964) és a Titeli Fennsíkról (GALLÉ 1974, 1975), aki később rendszerbe is foglalta a hazai zuzmótársulásokat (GALLÉ 1977). Egy *Aloina ambigua* társulást MARSTALLER (1993) ír le a Villányi Hegységből, ugyan nem löszfalról, hanem nyílt löszlejtőről. Lengyelországból a *Tortula* (ma *Hilpertia*) *velenoskyi* előfordulásokról közöl részletes cönológiai elemzést KARCZMARZ (1960). A löszfalak sivatagi jellegű virágtalan növénytársulásait a felületen szemlélő észre sem veszi. Pár méter távolságról csak a löszfal szürkés-feketés foltjai árulják el, hogy ott 50-70 % borítású, félig a felszín alatt élő zuzmó-moha közösség található. Vizsgálataink során kiderült, hogy a hazai löszfal társulások egy része florisztikai rokonságban áll a délkelet-spanyolországi gipszpuszták és agyagos sivatagok virágtalan növényzetével (ROS & GUERRA 1987), sőt, közeli cönológiai rokonságot mutat a Holt-tenger környéki plakor jellegű, klimatikus löszsivatagok egyes típusaival (pl. *Crossidio crassinervis - Aloinetum aloidis* FREY, HERRNSTADT & KÜRSCHNER 1990, 1991) és kimutatható kapcsolata a belső-ázsiai (pl. belső-mongóliai, TAN & ZHAO 1997) sivatagok és felsivatagok vagy a brit-kolumbiai füves puszták virágtalan vegetációjával is (MCINTOSH 1989, 1997).

Hogyan értelmezhetünk ilyen mértékű extrazonalitást? A magyarázat a sajátos orográfiai viszonyokban rejlik. Kézenfekvő, hogy a 70-90°-os dőlésű löszfal egységnyi felületére csak a vízszintes területet érő csapadék.cos α mennyisége hull (3. ábra b). Ez 70, 75, 80, 85 és 90° lejtőszög esetében az átlagcsapadék 0.342-, 0.259-, 0.174- illetve 0.087-szerese, függőleges felületre pedig elméletileg nem hull csapadék. Ha jól meggondoljuk, ezek sivatagi körülmények, hiszen erdőssztyep klímában (Szeged, 565 mm csapadékátlag) évi **193, 146, 98** illetve **49 mm** csapadékot jelentenek, legalább 7 igen száraz hónappal. Természetesen a valóság azért más, mert egyrészt a záporok idején oldalirányban is hulló eső és az itt-ott lecsurgó víz időnként megöntözi a löszfalat és a levegő relatív nedvességtartalma magasabb, a sugárzásintenzitás alacsonyabb a klimatikus sivatagokénál. Mégis, a csak foltosan kialakuló virágtalan vegetáció a közelkeleti, a délspanyolországi és más sivatagos területek jellegzetességeit mutatja, fiziognómia, florisztikai rokonság, életforma összetétel és stratégiák tekintetében egyaránt. PATKÓ és STUMPHAUSER munkatársaink számításai szerint (ld. 3a ábra) ezt a hatást a sugárzásintenzitás ilyen lejtőszög mellett várható, évszakonként kiugró adatai is fokozhatják. Egerben mért, a vízszintes felületet érő valós sugárzásintenzitás adatait a deklináció és az aktuális delelési magasság alapján átszámították déli kitettségű, 45 fokos és 80 fokos lejtőszög, valamint a függőleges fal esetére (ld. 3a. és 4. ábra). Számításaik szerint a déli kitettségű löszfalak besugárzási értékei koratavasszal és késő ősszel felülmúlhatják a vízszintes felület értékeit. Ez a virágtalan vegetáció számára igen fontos, viszonylag nedves klímazakaszra esik, tehát megrövidíti a téli fagyos időszakot és meghosszabbítja a vegetációs periódust. Munkahipotézisünket szeretnénk a következő években mérési adatokkal is bizonyítani.

3. ábra. a: A különböző dőlésszögű löszfalra eső besugárzási érték (G') kiszámítása, ahol α a nap delelési magassága, β a löszfal dőlésszöge, G az adott hely és idő átlagos besugárzási értéke, φ pedig az adott hely földrajzi szélessége. **b:** A különböző dőlésszögű löszfalra jutó csapadék mennyisége (P') a vízszintes területre jutó átlagos csapadékhoz (P) viszonyítva, ahol β a löszfal dőlésszöge.

Fig. 3. a: The actual value of irradiation (G'), where α is the culmination grade, G the average value of irradiation, φ the geographical latitude. **b:** The actual amount of precipitation (P') on the loess cliffs compared to the average precipitation hitting a horizontal surface (P), where β is the inclination of the cliff.

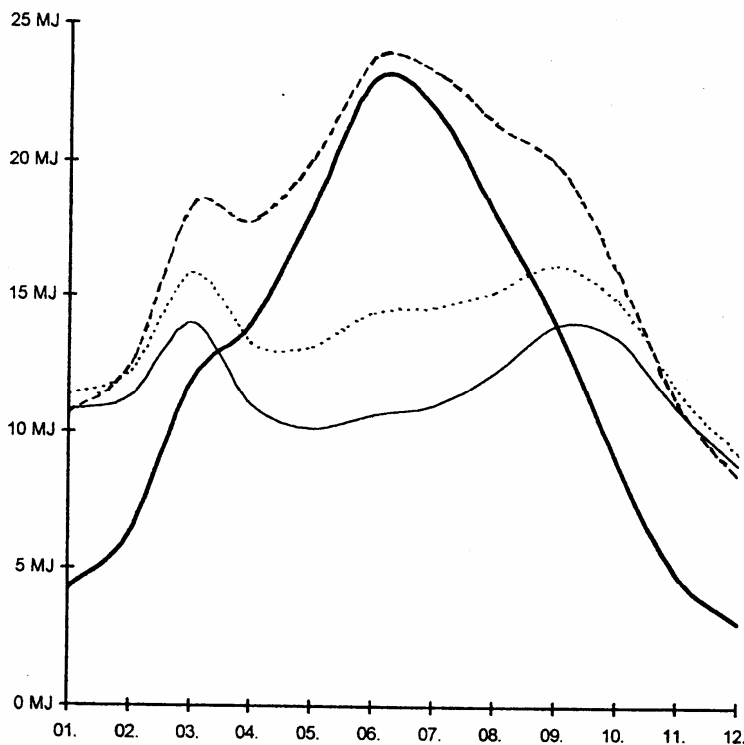
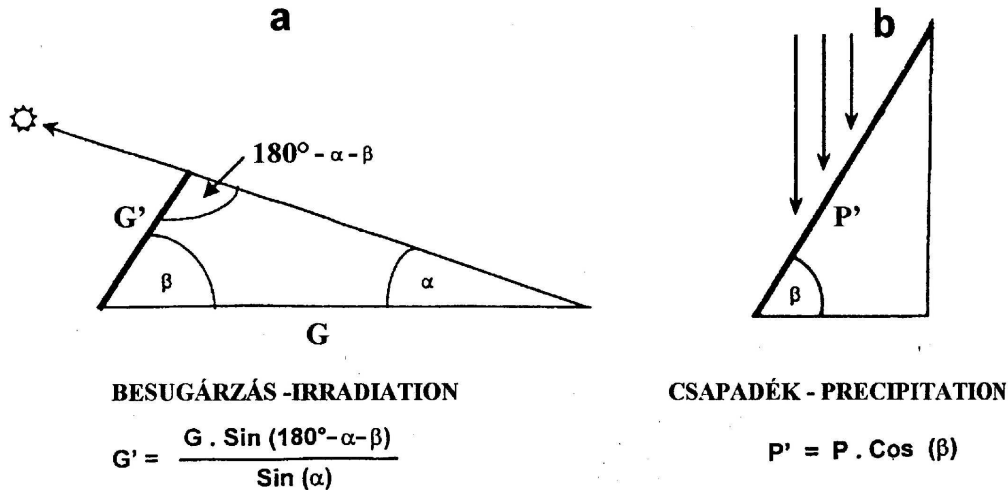


Fig. 4. Actual irradiation values effecting south exposed loess cliffs of different inclination during one year, counted from the real, measured irradiation values of 1994 at the Meteorological Station of Eszterházy College in Eger, according to G. PATKÓ & T. STUMPFHAUSER. Thick line: Measured values effecting horizontal surface. Broken line: Surface of 45° inclination. Dotted line: Cliff of 80° inclination. Thin line: Vertical cliff.

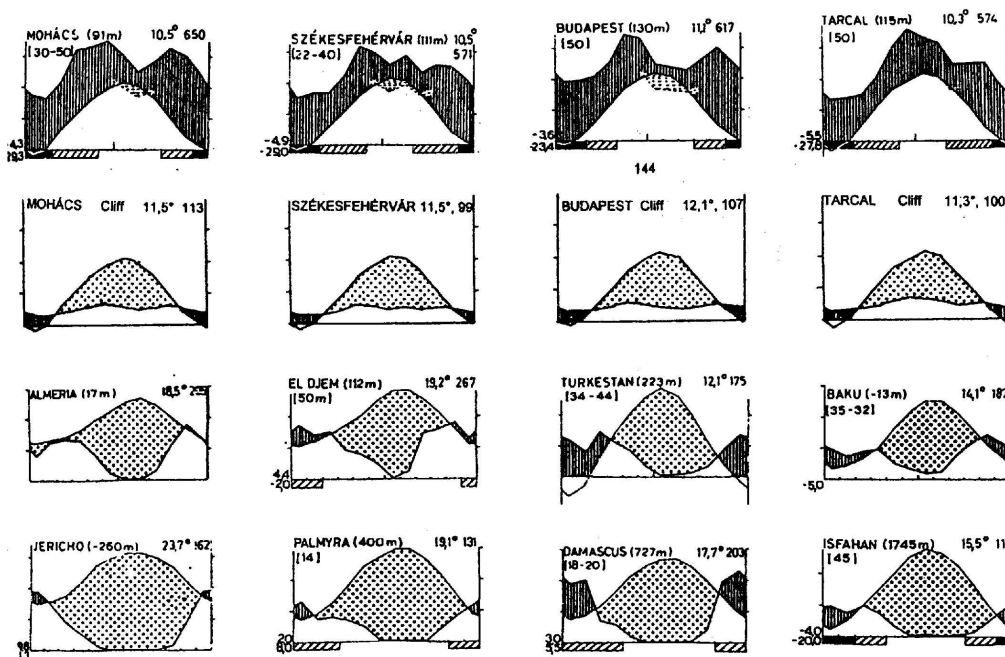
4. ábra. Déli kitettségű, különböző dőlésszögű löszfalakat érő besugárzási értékek egy év folyamán, az Egerben 1994-ben mért valós besugárzási értékekből számítva (PATKÓ GY. és STUMPFHAUSER T. szerint). Vastag folyamatos vonal: Vízszintes felületet érő, mért értékek. Szaggatott vonal: 45°-os felület. Pontozott vonal: 80°-os felület. Vékony folyamatos vonal: Függőleges löszfal.

Fig. 4. Actual irradiation values effecting south exposed loess cliffs of different inclination during one year, counted from the real, measured irradiation values of 1994 at the Meteorological Station of Eszterházy College in Eger, according to G. PATKÓ & T. STUMPFHAUSER. Thick

Ha a közel függőleges löszfal csapadékviszonyait a fentiek alapján a cosinus értéknek megfelelően vesszük figyelembe és az eredményt GAUSSEN–WALTER féle klímadiagramm formájában ábrázoljuk (ld. 5. ábra), arra a megdöbbentő eredményre jutunk, hogy a mi szemiárid éghajlatunk a közel függőleges löszfal mikroklíma térségében, mint sivatagi éghajlat, a szemiárid területek pedig, mint félsivatagi éghajlat, valósulnak meg. Gyakorlatilag Mohács és Székesfehérvár térségében Délspanyolországhoz vagy Északafrikához, Budapest vagy Tokaj térségében Turkesztánhoz vagy Bakuhoz hasonló csapadék és részben sugárzási viszonyok uralkodnak a meredek löszfalakon!

5. ábra. Négy átlagos magyar klímaállomás Gauszen-Walter klímadiagramja (felső sor, BORHIDI in WALTER & LIETH, 1960-1966 nyomán), ugyanezen klímaállomások közel függőleges löszfalain érvényesülő klíma, az állomások havi csapadékvértékeiből számítva (második sor, eredeti) és különböző sivatagi és félsivatagi klímaállomások adatai összehasonlításképp, Délspanyolországból (Almeria), Északafrikából és a Közelkeletről (WALTER & LIETH nyomán).

Fig. 5. Gauszen-Walter climatic diagrams of four average Hungarian stations (1st row, based on BORHIDI in WALTER & LIETH, 1960-1966), the diagrams of near vertical loess cliffs at the same stations, calculated from their monthly precipitation values (2nd row, original) and the climatic diagrams of different desert and semidesert station in Southern Spain (Almeria), North Africa and in the Near East (3rd and 4th rows, based on WALTER & LIETH, l.c.).

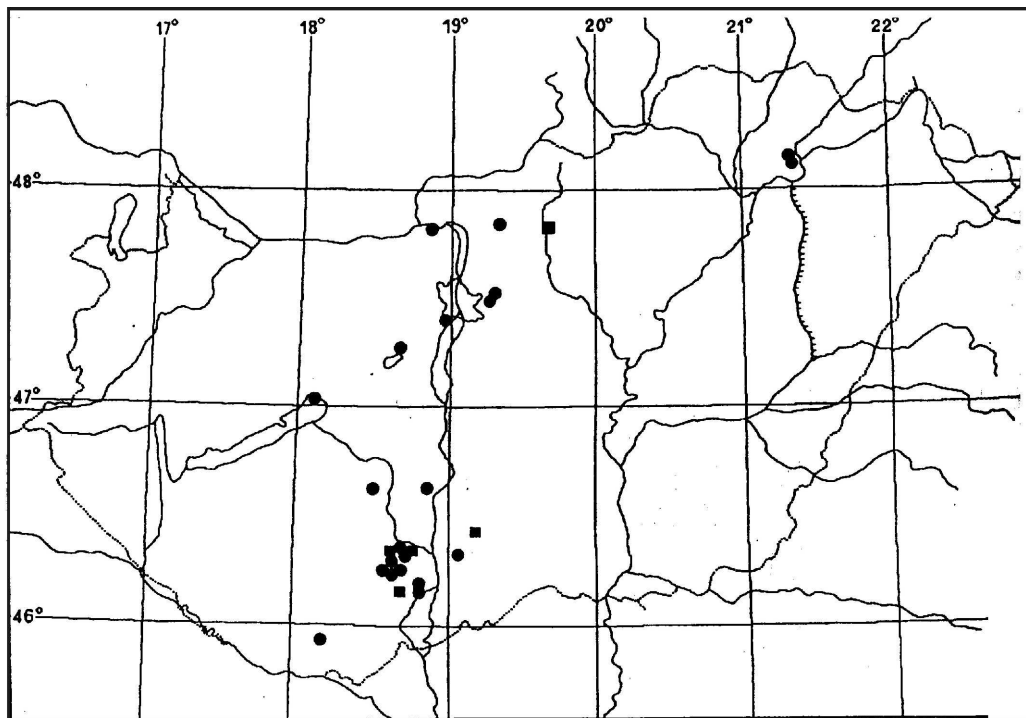


Virágtalan növények és növénytársulások (mint azt már BOROS & VAJDA 1959, BOROS 1964 kimutatták) a phanerogam közösségeknél sokkal kisebb mikroklímaterületekben, nagyobb extrazonalitással képesek előfordulni. A löszfalak sivatagi jellegét csak fokozhatja a jövőben az ózonpajzs sérülése folytán megnövekedett ultraibolya-b sugárzás (JAKUCS ex verb., BARSIG et al., 1998).

A florisztikai és taxonómiai vizsgálatok eredményeképp eddig 9 Magyarországra nézve új mohafaj előfordulását mutattuk ki. Különösen érdekes a *Pterygoneurum ovatum* rokonságába tartozó, újonnan megismert fajok esete. Például a *Pterygoneurum crossidioides* FREY, HERRNSTADT & KÜRSCHNER (1990), Holt tenger környéki sivatagokból leírt faj, melyet újabban Délspanyolországban és Délfranciaországban is megtaláltak, előkerült a Szekszárdi és a Délbaranyai dombvidékről, a déli Alföldről és a Mátraaljáról, a *Pterygoneurum compactum* CANO, GUERRA & ROS (1994) pedig, amelyet a délkelet-spanyolországi sóstalajú vagy gipsz félsivatagokból írtak le, megvan valamennyi jelentős löszterületünk exponált, csupasz löszfalain (ld. 6. ábra). Az ugyanerről a területről leírt *Pterygoneurum squamosum* GUERRA & KÜRSCHNER (1998) pedig, szubmediterrán flóaeleminkhez hasonló elterjedéssel Dél-dunántúlon és szórványosan a Középhegység nyugati felében fordul elő, szintén mindig csak a meredek löszfalakon.

6. ábra. A *Pterygoneurum compactum* Cano, Guerra & Ros (fekete pont) és a *Pterygoneurum crossidioides* Frey, Herrstadt & Kürschner eddig ismert magyarországi elterjedése (fekete négyzet), vizsgálataink alapján.

Fig. 6. The hitherto known distribution of *Pterygoneurum compactum* Cano, Guerra & Ros (full circle) and of *Pterygoneurum compactum* Cano, Guerra & Ros in Hungary (square) based on our investigations.



Az északi mérsékeltövben igen elterjedt, Középeurópában közönségesebb *Pterygoneurum ovatum* (Hedw.) Dix. már nem szorítkozik a löszfalakra, gyakori vízszinteshez közeli löszsztyepek talaján is (ld. 7. ábra), löszfalakon határozottan ritkább a fentiekben említettekénél. A hazánkból ismert *Pterygoneurum* fajok száma ezzel háromról (ORBÁN & VAJDA 1983) hatra emelkedett! Indokoltnak látszik tehát e helyen egy új határozókulcs közrebocsájtása, abban a reményben, hogy fiatal bryológusaink hozzá fognak járulni a hazai *Pterygoneurum* fajok elterjedésének pontosabb ismeretéhez:

A Magyarországról jelenleg ismert vagy várható *Pterygoneurum* fajok határozókulcsa
(részben FREY et al. 1995, GUERRA et al. 1995 és SEGARRA et al. 1998 alapján)

- 1a** Spóratok a levelek közé süllyedt, a kalyptra sapkaalakú. A hosszan, szőrszálszerűen kifutó levélér erősen fogas. A levélsejtek papillásak **2**
- 1b** Spóratok 4-12 mm hosszú nyélen kiemelkedik a levelek közül, a kalyptra hosszan kihegyesedő. A rövidebb-hosszabb szőrszálszerűen kifutó levélér sima vagy alig észrevehetően fogacskás. A levélsejtek símák vagy ritkán papillásak **3**
- 2a** A spóratok fedővel nyílik, de perisztomium fogai nincsenek **P. subsessile** (Brid.) Jur. Hazánkban nem gyakori, inkább sztyepréteken és a löszfalak peremén, *Agropyro-Kochietum*-ban él.
- 2b** A spóratok kleisztokarp, nem fedővel nyílik, hanem szabálytalanul hasad föl **P. kozlovii** Laz. Hazánkból még nem került elő, legközelebb Délslóvákiából ismert, valószínű hibrid eredetű faj.
- 3a** A levélgerincen csak hosszában izesülő lemezek vannak, elágazó sejtfonalak nincsenek, legfeljebb a lemezek felső végén figyelhetők meg rövid, egyszerű, magányos vagy csoportos sejtfonalak **4**
- 3b** A levélgerincen több hosszanti lemezből oldalukon és felső részükön hosszú, elágazó sejtfonalak erednek, a levél felső felében már ezek alkotnak tömött asszimiláló szövédéket, itt a lemezek már nem vagy alig ismerhetők fel **6**
- 4a** Kistermetű (-3 mm), rövid (-5 mm) toknyelű növénykék. Peristomiumuk nincs. A tokfedő sejtei hosszanti sorokba rendeződnek. A spórák 20-40 µm átmérőjűek **5**

4b Nagytermetű (-10 mm), a toknyél is elérheti a 10 mm hosszúságot. Csökevényes peristomiuma van. A tokfedő sejtjei spirális rorokba rendeződnek. Spórái 16-20 µm átmérőjűek **P. lamellatum** (Lindb.) Jur. Hazánkban elég ritka, inkább nyílt gyepekben, sztyepréteken, mint löszfalakon található.

5a A levélgerinc ventrális oldalán 2-4, hosszában, párhuzamosan ránőtt, egymást nagyrészben fedő, szárnyszerű asszimiláló lemez figyelhető meg, melyek felső vége kissé vagy nagyon fogas. Néha rövid, egyszerű, 1-2 sejtjes fonalak erednek a lemezek felső részén **P. ovatum** (Hedw.) Dix. Hazánkban viszonylag gyakori, löszfalakon kívül előfordul löszgörgetegen, sztyepréteken, mésztartalmú sziklákon, meszes, kötőrmelékes helyeken is.

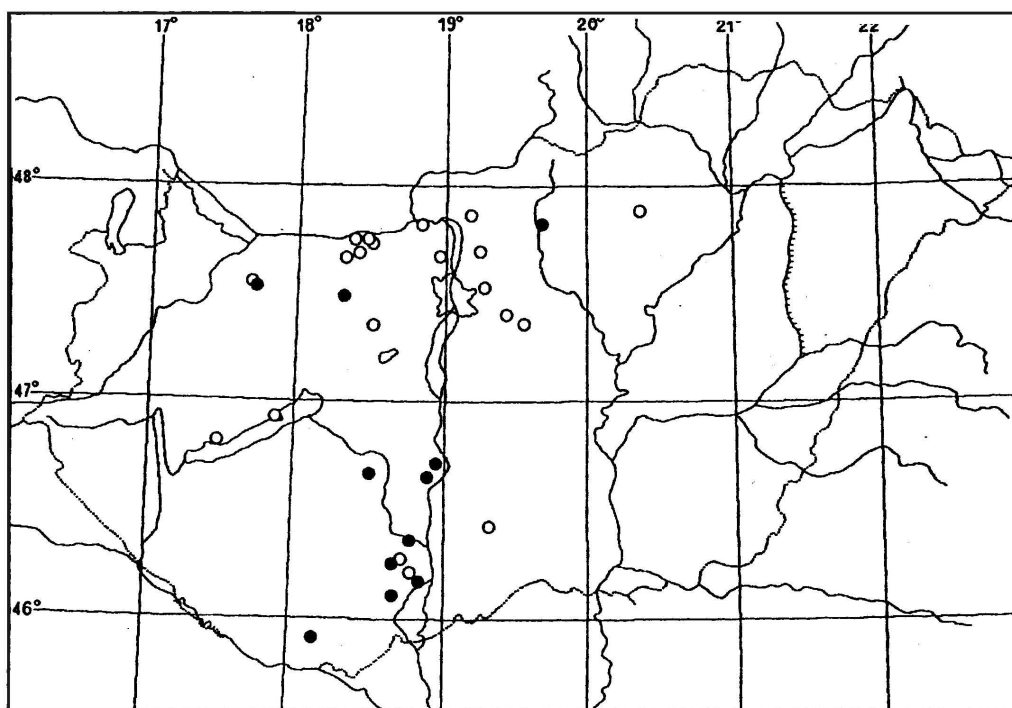
5b A levélgerinc ventrális oldalán egy-egy párhuzamos lemez fejlődik, melyeken 3-4 keresztben ízesülő, zsindeyszerűen felfelé símuló kinövés (pikkely) figyelhető meg **P. squamulosum** Segarra & Kürschner Elsősorban Délmagyarország virágtalan löszfal növényzetének tagja, a Balatontól északra nagyon ritka.

6a Az asszimiláló fonalak csúcssejtjei 2-5 papillásak, tömzsiek, gyakran szögletesedők. Gyakran a levelek külső (háti) oldala is papillás. Az asszimiláló lemezek alsó, ép vége nem éri el a levélalapot. Igen kistermetű (1-2 mm) növény **P. compactum** Cano, Guerra & Ros Az egész országban megtalálható (Nyugatmagyarországot kivéve), de csak száraz löszfalakon. Gyakran az alzatba süllyedve él.

6b Az asszimiláló fonalak összes sejtjei, a csúcssejtet is beleértve, símák, gömbalakúak vagy kissé tojásdadon megnyúltak. Az asszimiláló lemezek alul elérhetik a levélalapot **P. crossidioides** Frey, Herrnstadt & Kürschner Nagyon ritka faj, lelőhelyei egy kivételével Délmagyarországról ismertek, száraz löszfalakról.

7. ábra. A *Pterygoneurum ovatum* (Hedw.) Dix (üres kör) és a *Pterygoneurum squamosum* Guerra & Kürschner (fekete pont) általunk vizsgált hazai löszfalakon való elterjedése.

Fig. 7. The distribution of *Pterygoneurum ovatum* (Hedw.) Dix (open circle) and of *Pterygoneurum squamosum* Guerra & Kürschner (full circle) on the loess cliffs in Hungary investigated by us.

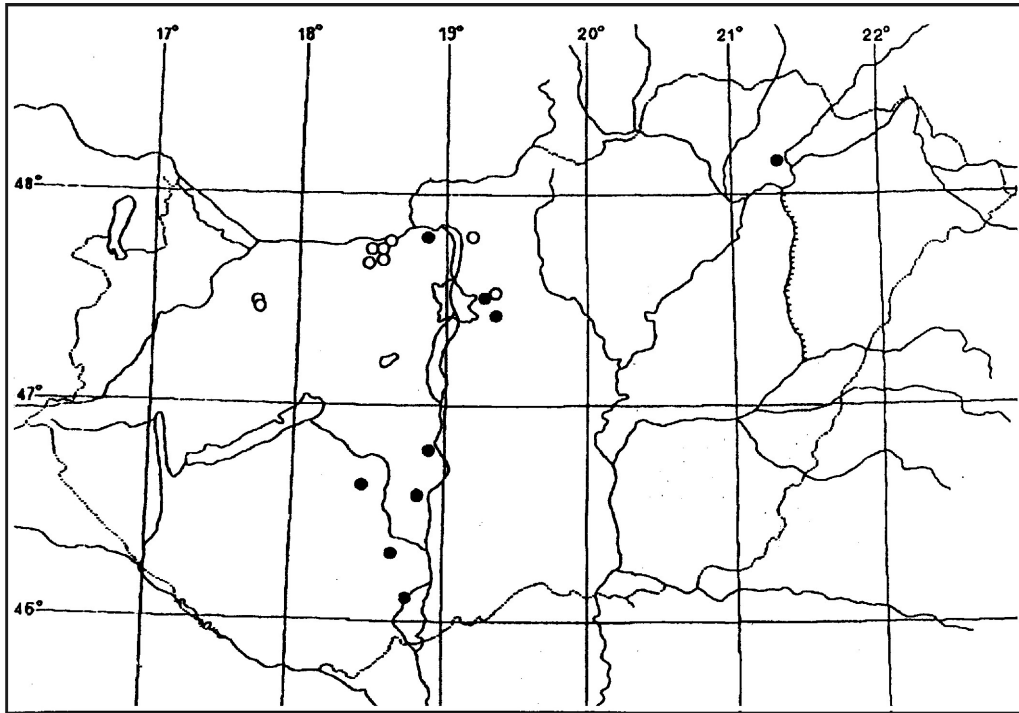


Hazánkból más, ritkaságképp ismert löszfal-moháknak is számos újabb lelőhelye vált munkánk során ismertté. Így az eddig csak Polgár, Boros és Vajda gyűjtéseiből, 6 helyről ismert (BOROS 1968, ORBÁN &

VAJDA 1983), a vörös könyvek veszélyeztetett fajai közé felvett *Tortula velenovskyi*-t — mai nevén *Hilpertia velenovskyi* (Schiffner) Zander fajt megtaláltuk Tokaj, Mende, Pécel, Basaharc, Dunaföldvár, Dunakömlőd, Nagyszékely, Báta és Szekszárd térségében is több helyen (ld. 8. ábra).

8. ábra. A *Hilpertia velenovskyi* (Schiffn.) Zander korábban ismert hazai elterjedése (üres kör) és általunk feltárt újabb előfordulásai (fekete pont).

Fig. 8. The previously known distribution of *Hilpertia velenovskyi* (Schiffn.) Zander (open circle) and our new records from Hungary (full circle).



Az Európában általánosan is ritka és, hazánkban GALAMBOS ÉS ORBÁN (1984) közléseiből csak nemrég ismertté vált *Crossidium crassinerve* (De Not.) Jur. is előkerült vizsgálataink során Dunaföldvárról, Dunakömlődről, Paksról, Szekszárdról és Kismórágyról, valamint a Titeli Fennsík számos pontjáról, mely adatok újak Jugoszlávia flórájára is! (ld. 9. ábra).

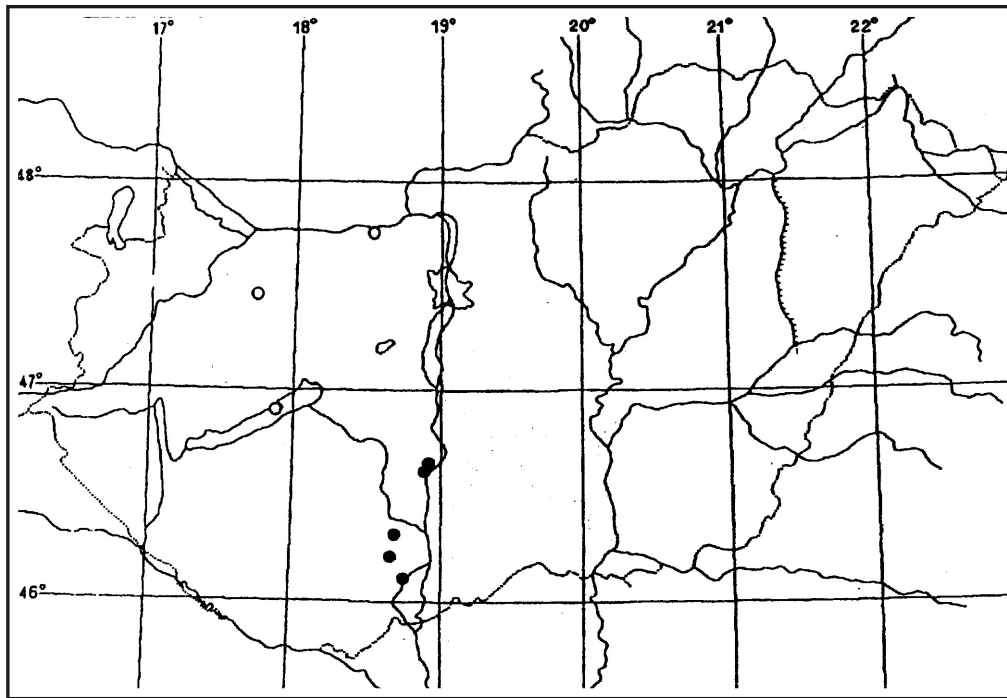
További nehéz feladat lesz azoknak a szárazságtűrő, ZANDER által (1993) újra a *Tortula* nemzetségbe sorolt *Pottia* és *Desmatodon* fajoknak a taxonómiai revíziója, melyeknél levélgerinc felső része erősen megvastagodott (*Tortula* Sect. *Crassicostatae* Schimp.). Ezek a nálunk igen ritkának ismert vagy egyáltalán nem ismert fajok is elterjedtek a löszfalakon. A zuzmóadatok közül említésre méltó a löszfalak jellemző fájának tartott, hazánkban kipusztultnak hitt (BOROS 1942, FARKAS & LÖKÖS 1994, VERSEGHY 1994) *Solorinella asteriscus* Anzi felfedezése Basaharcnál.

A löszfalak mohafajainak földrajzi elterjedését, areatípusait vizsgálva is érdekes következtetésekre juthatunk. Mióta a *Tortula velenovskyi*-ről kiderült, hogy nem pannoniai endemizmus, mint korábban vélték, hanem Nyugat-Kanadától Középkelet Európán és Szibérián át Tibetig, Belső-Mongóliáig és a Kunlun hegységig elterjedt boreokontinentális faj (ld. 10. ábra), megfelelő kritikával kell kezeljünk minden sztereotípiát e téren. A *Crossidium crassinervium* például nem mediterrán elem, mint sokan vélték, hanem a jégkorszak előtt is elterjedt, reliktum jellegű circum-tethisi faj. A judeai sivatagban is gyakori, eddig a hazai flórában nagyon ritkának tartott *Tortula atrovirens* (Sm.) Lindb. (= *Desmatodon convolutus*) pedig például ősi xerotherm Pangea elem, mely az északi és déli félteke sivatagos és félsivatagos területein általánosan elterjedt (FREY & KÜSCHNER 1983, 1988). A délszlóvakiai és ukrainai erdősztyep és sztyeppzóna bennszülött fájának vélt *Pterygoneurum kozlovii* Laz. előkerült Délnyugat Kanadából (MCINTOSH l.c.), Mongóliából (ABRAMOVA & TSAEGMAED 1989) és Kína Xinjian tartományából (=belső Mongólia, TAN et al., 1995). Vagy például a már említett *Pterygoneurum compactum* fajt

kimutattam Arizona sivatagos területeiről is! Exek a xerikus pusztai, félsivatagi és sivatagi elemek rendszerint igen nagy és még igen hézagosan ismert elterjedési területen élnek.

9. ábra. A *Crossidium crassinerve* (De Not.) Jur. korábban ismert hazai elterjedése (üres kör) és általunk feltárt újabb előfordulásai (fekete pont).

Fig. 9. The previously known distribution of *Crossidium crassinerve* (De Not.) Jur. (open circle) and our new records from Hungary (full circle).

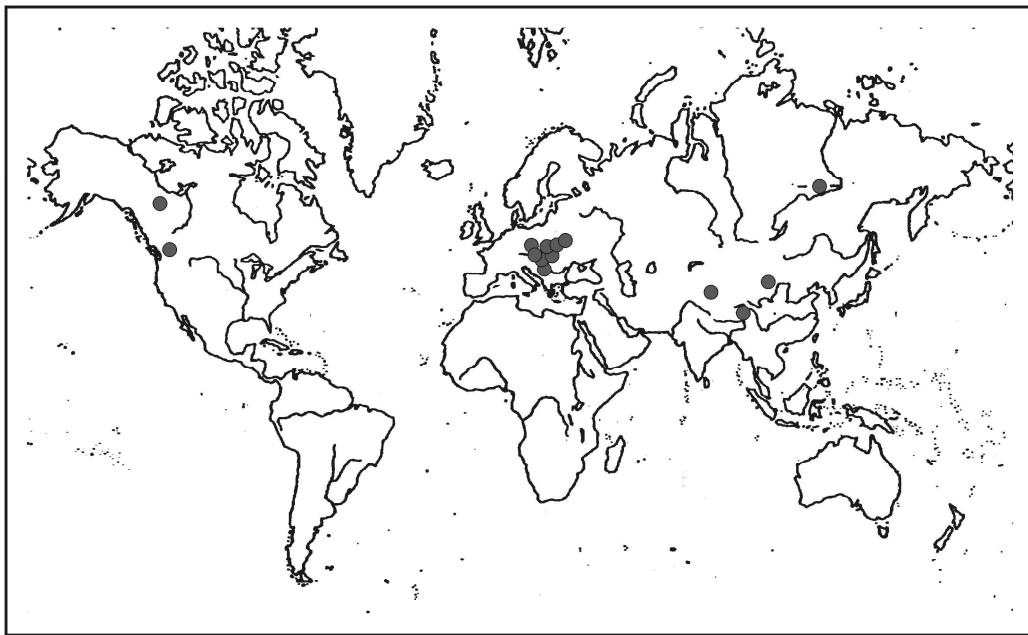


Ezek a meglepő felfedezések fontos vegetáció- és flóratörténeti eseményekre utalhatnak. Egészen biztos, hogy a jégkorszakok alatt a löszfalak mohái igen elterjedtek voltak a Pannon Medencében, hiszen a jégmentes periglaciális területek sokszínűbb vegetációval rendelkeztek, mint azt korábban hittük (v.ö. pl. ZÓLYOMI 1952, JÁRAI-KOMLÓDI 1966, 1969), és például Alaszkában és Észak-Kanadában számos terciér reliktum túlélését biztosították (STEERE 1965, STEERE & INOUE 1978). A jégkorszakok különösen kedveztek a löszpusztai vegetáció kialakulásának (JÁRAI-KOMLÓDI 1991), hiszen maga a löszképződés folyamata is a pusztai füves vegetációval függ össze (PÉCSI 1993). Éppen szárazságtűrő (és egyben hidegtűrő) fajok esetében nincs okunk feltételezni, hogy ezek – akár a mainál sokkal nagyobb területen – ne fordulhattak volna elő. Így a löszfalak a jégkorszakok előtti circum-tethysi xerikus mohaflóra folytonosságát biztosíthatják. FREY és KÜRSCHNER (1983) ilyen circum-tethysi eredetűnek tartják a déleurópai-közéleleti xerikus mohaflóra jelentős részét. Természetesen ezen fajok terjedésének lehetősége spórák és propagulumok útján mind a múltban, mind a jelenben adott (ZANTEN & PÓCS 1981), így a mai áréákat ennek fényében kell megítélnünk (MCINTOSH 1997), mint amelyek tér-idő folyamatok eredményei.

A fentiekben próbáltam vázolni, amit már tudunk és amit még nem tudunk a középkelet-európai löszfalak virágtalan növényzetéről. Terepvizsgálódásainkat ki szeretnénk terjeszteni a még nem vagy alig látott hazai területeken (pl. Vértesalja, Zselic, Külsősomogy, Tiszahát, Békés-Csanádi hát) kívül Románia, Észak-Bulgária és esetleg Ukrajna löszterületeire is. Sokkal több társulástani felvételre van szükségünk ahhoz, hogy azokat pontosan leírassuk, statisztikailag értékelhessük és a löszfal társulások szukcesszióját megállapíthassuk. A felvételezés lassúságának oka, hogy terepen az igen apró, a felületbe besülyedt löszfalmohák nagy része teljesen egymáshoz hasonló megjelenésű. Ezen kívül igen sok megoldatlan rendszertani problémával találkozunk az anyag meghatározása során. Igen érdekes eredményeket ígérnek a ma még csak kezdeti szakaszban lévő xerikus adaptációs, életforma és stratégia vizsgálatok (v.ö. pl. FREY & KÜRSCHNER 1991a, 1991b). Ugyancsak sokat ígérőek a löszfalak mikroreliefének és a társulások

eloszlásának az összefüggései. A már említett mikroklíma vizsgálatokon kívül meg kéne állapítani a társulások előfordulásának pontosabb talajkritériumait is (pl. szemcsenagyság összetétel és Ca-karbonát tartalom szerint). Érdekes lenne ökofiziológiai vizsgálatok végzése a löszfalak moháin, mert KRUPA (1984a, b) kimutatta, hogy ezek a fajok rendkívül nagy fajlagos levélfelületük (lamellák, sejtfonalak) révén az átlagosnál lényegesen nagyobb fotoszintetikus aktivitással rendelkeznek. Ennek fontos szerepe lehet az igen korlátozottan rendelkezésre álló nedves periódusok jó kihasználásában.

10. ábra. A *Hilpertia velenovskyi* (Schiffn.) Zander világelterjedése (eredeti)
Fig. 10. The world distribution of *Hilpertia velenovskyi* (Schiffn.) Zander (original).



Studies on the cryptogamic vegetation of loess cliffs, I.

Orographic desert in the Carpathian Basin.

T. PÓCS

The cryptogamic vegetation of loess cliffs has been studied by the author together with B.O. VAN ZANTEN, Dutch bryologist (State University Groningen, Dept. of Plant Ecology, Haren, The Netherlands) for the past three years. Since 1997 the research has been sponsored by the Hungarian Research Fund (OTKA, Project No. T 022575). The aim of the project is the floristical, phytogeographical and ecological investigation of the less known cryptogamic communities of loess cliffs in the Pannonian Basin. Until now we have visited a great part of Hungary where loess cliffs occur, as at the edges of the Great Hungarian Plain, the Tolna and Baranya Hills and on the lower slopes of the mountain ranges (see fig. 1). Within 50 field days the cryptogamic communities of 151 cliffs were studied, 1760 moss and lichen specimens were collected and 52 phytosociological relevés were made.

Although Diluvial loess covers the greater part of the Pannonian Basin, only on a small proportion of its area are cliffs formed. During the erosion of loess deposits, the formation of vertical cliffs is typical in cases, if the necessary erosion basis is at disposal. Among natural circumstances this happens along big or smaller rivers (Danube, Tisza, Zagyva, Hernád, Bodrog,) and lakes (Balaton), at the escarpment of loess plateaus and on the loess covered foothills of mountain ranges. Even among seminatural conditions huge gorges and cliffs can develop, as the result of secondary erosion of roads (hollow roads). Artificial cuts in loess valleys and plateau edges, like by the construction of highways, quarries, vineyard terraces, entrance of vine cellars, or even behind village houses can result in vertical surfaces, which are colonised within 30-50 years from the neighbouring natural loess habitats with their cryptogamic communities. But not all kind of primary or secondary loess cliffs are equally suitable for the settlement of bryophytes and lichens. The derasion loess

(secondarily redeposited on slopes) and infusion loes (secondarily sedimented in water) have a physical structure, which is no good for the cryptogamic communities. They optimally develop only on the aeolic loess (primarily deposited during the glacial periods from the air) with a grain size of 20-50 μm , which can form cliffs in Hungary up to 60 m height, but never as a uniform layer. It is sandwiched by sand and interglacial soil bends, which again do not favour the settlement of cryptogams. Finally, only the loess of pale yellow colour, preserved among semiarid conditions, with a CaCO_3 content above 8% (sometimes up to 40% in Hungary) and basic reaction, is good for these communities. The CaCO_3 content of aeolic loess studied by SEM appears in the form of special microtubules, needle crystals and incrustations on the quartz and other mineral particles, as a result of palaeobiotic and palaeoclimatic processes and cements the particles together (PÉCSI 1993). The typical loess cryptogams are calciphilous and bound to this special structure and adapted to them by their growth habits and life strategies. The so called „brown loess” in western Hungary or in western Europe has been transformed by leaching and weathering and do not bear the above properties. Their CaCO_3 content is usually well below 5% and their reaction is neutral or acidic.

But the significance of loess cliffs, as habitat for living communities, far exceeds their area. On the typical loess cliffs in the Pannonian Basin (see fig. 2) from the steppe forest mosaic through arid bushes and semidesert dwarf scrub to cryptogamic desert all kind of communities occur according to the microrelief conditions. The same is true for the animal (bird, wasp, spider, etc.) communities. The higher plant communities of loess cliffs were well studied in Hungary and their rôle in the plant succession is summarised by ZÓLYOMI and FEKETE (1994). At the same time, the micro-communities of vertical cliffs are very little known. KARCZMARZ (1960) described bryophyte communities of the loess cliffs in Poland and GALLÉ (1964, 1974, 1975) described lichen communities from Hungary and from northern Yugoslavia. These communities are easily overlooked even by an average passer by botanist, as they appear from a distance on the dry yellowish cliff as dark dirty greyish patches. During the investigation of our cliff communities we have found relationship with the cryptogamic communities of flat surfaces of Judean and Middle East deserts (FREY, HERRNSTADT and KÜRSCHNER 1990, 1991), the semideserts of southeastern Spain (ROS & GUERRA, 1987), the very dry habitats in Tibet and in Inner Mongolia (TAN & ZHAO 1997) and of British Columbia (MCINTOSH 1989, 1997). This relationship is manifested by the predominant growth habit (solitary plants in herds) and life strategy („innovative settler” type of Frey & Kürschner 1991a, 1991b) and by the floristic composition. During our three years studies we have found 9 moss species new to Hungary (see also VAN ZANTEN 1999a, 1999b). 5 of them have special importance in this respect. We collected on almost all natural dry loess cliffs *Pterygoneurum compactum*, a species recently described from the arid parts of SE Spain by CANO, GUERRA & ROS (1994). We also discovered at a few localities, mostly in southern Hungary an other rare species, *Pterygoneurum crossidioides*, described from the Dead Sea deserts by FREY, HERRNSTADT & KÜRSCHNER (1990), which is, according to them, especially common on the aeolian loess deposits north of Qumran (see fig. 6). *Pterigoneurum squamosum* was also found, which became known from SE Spain (SEGARRA & KÜRSCHNER 1998) and seems to be widespread on the loess cliffs in southern Hungary, slowly replaced northwards by the common *Pterygoneurum ovatum* (see fig. 7). By these new findings the known number of Hungarian *Pterygoneurum* species is doubled (see Hungarian key on page xx). In addition, *Hilpertia velenovskyi* (Schiffn.) Zander and *Crossidium crassinerve* (De Not.) Jur., both considered as very rare protected plants in Hungary, were discovered at numerous new localities on loess cliffs (see the figs 8-10). A future task will be to revise the poorly known Hungarian representatives of *Tortula* Sect. *Crassicosatae*, which are typical for the arid habitats and seem to be widespread also on our loess cliffs.

How can we interpret such a high rate of extrazonality, the occurrence of desert plant communities in the forest steppe zone of the Carpathian Basin? The explanation lies in the special orographic conditions of loess cliffs. It is easy to understand, how far modifies the vertical or near vertical surface the amount of precipitation, which is proportional to the cosinus of the degree of inclination (fig. 3b). This amounts in the case of 70, 75, 80, 85 and 90° inclination only 0.342, 0.259, 0.174 and 0.087x the total precipitation, that is **193, 146, 98 and 49 mm/year** accordingly and none on the vertical surface, with at least 7 dry months per year, compared to an average Hungarian lowland station, Szeged, with its 565 mm/year precipitation and 2-3 semiarid months. Even if we take in account, that the irradiation and air moisture conditions are different, these are real desert conditions! If we compare the Gaussen-Walter climatic diagrams of some average stations in Hungary (see the upper row of fig. 5 based on Borhidi in Walter & Lieth, 1960-1966), with the conditions on the near vertical cliffs of the same stations calculated this way by us (second row), and compare with the diagrams of desert and semidesert stations (lower two rows based on Walter & Lieth l.c.), the conditions on cliffs are strikingly similar to the latter two. The irradiation conditions on near vertical and vertical surfaces (see figs 3a and 4, calculated by our colleagues G. PATKÓ & T. STUMPFHAUSER) just increase this situation

in early spring and in late autumn. Cryptogams, as it was pointed already by BOROS (1964) are satisfied by much smaller microclimatic spaces to fulfil their special demands, than the vascular plants, therefore their occurrence out of their continuous vegetational belt is more common than that of the higher plants.

In the future we continue the systematic survey of Hungarian loess cliffs, the collection of distributional data on their bryophytes and lichens, the study of their communities, growth forms, life strategies and the taxonomic revision of critical plant groups. We wish to extend our investigations, in collaboration with the concerned fellow bryologists in the neighbouring countries, where loess cliffs occur, like in Yugoslavia, Romania, Bulgaria, Ukraine, Slovakia and Poland.

Köszönetnyilvánítás – Acknowledgements

Ezúton kívánjuk köszönettel elismerni az Országos Tudományos Kutatási Alap anyagi támogatását témánkhoz (OTKA T 022575). Köszönjük az együttműködést a bevezetőben említett munkatársaknak. Hálával tartozunk továbbá mindazoknak a kedves biológus kollégáknak, akik az általuk jól ismert terepszakaszokon kalauzoltak, az érdekes élőhelyeket megmutatták és számtalan módon elősegítették és segítik munkánkat a löszfalak élővilágának kutatásában, mint FARKAS SÁNDOR, DR. GALAMBOS ISTVÁN, DR. KEVEY BALÁZS, MERCSÁK JÓZSEF LÁSZLÓ, RÓZSA SÁNDOR, MARKO SABOVLEVIĆ, SZABÓ ANDRÁS, DR. SZERÉNYI GÁBOR és SZERÉNYI JULIANNÁ, TÓTH ISTVÁN ZSOLT és VARGA ANDRÁS.

The Author recognizes with thanks the financial help of the Hungarian Research Fund (OTKA, Grant No.T 022575), the co-operation of his colleagues, furthermore the expert guidance of local biologists (see above), who have shown us many interesting loess habitats and helped our field work in many different ways.

Irodalom – References

- ABRAMOVA, A.L. & TSAEGMAED, TS. (1989): On the bryoflora of Mongolian Altai [in Russian]. – *Novosti Sist. Nizsh. Rast.* **26**: 136-146.
- BARÁTH Z. (1967): Weinbau. *Stipetum stenophyllae*. In: ZÓLYOMI B. (ed.): Guide der Excursionen des Internationalen Geobotanischen Symposiums, Ungarn, Eger-Vácrátót, pp. 45-47.
- BARSIG, M., SCHNEIDER, K. & GEHRKE, C. (1998): Effects of UV-B radiation on fine structure, carbohydrates, and pigments in *Polytrichum commune*. – *The Bryologist* **101**: 357-365.
- BOROS Á. (1942): A *Solorinella asteriscus* a hazai lösztalajon. – *Bot. Közlem.* **39**:
- BOROS Á. (1964): Montane Felsen-Mooszönosen in Mikro-klimawinkeln außerhalb der Fichtenzone in Ungarn. – *Advancing Frontiers of Plant Sciences* **8**: 9-11.
- BOROS Á. (1968): Bryogeographie und Bryoflora Ungarns. – Akad. Kiadó, 466 pp.
- BOROS Á. & POLGÁR S. (1941): A *Tortula Velenovskyi* Magyarországon. – *Die Tortula Velenovskyi* in Ungarn. – *Bot. Közlem.* **38**: 126–130.
- BOROS Á. & VAJDA L. (1959): Phytogeography of the Börzsöny mountains in the light of mosses. – *Acta Biologica, Suppl.* **3**: 27-28.
- CANO, M. J. – GUERRA, J-G., & ROS, R. M. (1994): *Pterygoneurum compactum* sp. n. (Musci: Pottiaceae) from Spain. – *The Bryologist* **97**: 412–415.
- FARKAS E. É. & LŐKÖS L. S. (1994): Distribution of the lichens *Cladonia magyarica* Vain. and *Solorinella asteriscus* Anzi in Europe. – *Acta Bot. Fennica* **150**: 21-30.
- FREY, W., HERRNSTADT, I. & KÜRSCHNER, H. (1990): Verbreitung und Soziologie terrestrischer Bryophytengesellschaften in der Judäischen Wüste. – *Phytocoenologia* **19**: 233-265.
- FREY, W., HERRNSTADT, I. & KÜRSCHNER, H. (1991): Morphologische und anatomische Anpassungen der Arten in terrestrischen Bryophyten-gesellschaften entlang eines ökologischen Gradienten in der Judäischen Wüste. – *Bot. Jahrb. Syst.* **112**: 529-552.
- FREY, W. & KÜRSCHNER, H. (1983): New records of bryophytes from Transjordan with remarks on phytogeography and endemism in SW Asiatic mosses. – *Lindbergia* **9**: 121-132.
- FREY, W. & KÜRSCHNER, H. (1988): Bryophytes of the Arabian Peninsula and Socotra. Floristics, phytogeography and definition of the Xerothermic Pangaeian Element. *Studies in Arabian bryophytes* 12. – *Nova Hedwigia* **46**: 37-120.
- FREY, W. & KÜRSCHNER, H. (1991a): Das *Fossombronio – Gigaspermetum mouretii* in der Judäischen Wüste 2. Ökosoziozoologie und Lebensstrategien. – *Crypt. Bot.* **2/3**: 73-84.
- FREY, W. & KÜRSCHNER, H. (1991b): Lebensstrategien von terrestrischen Bryophyten in der Judäischen Wüste. Life strategies of terrestrial bryophytes in the Judean Desert. – *Bot. Acta* **104**: 172-182.
- GALAMBOS I. (1992): A *Barbula* s.l. nemzetség magyarországi fajainak revíziója. – *Fol.Mus. Hist.-Nat. Bakonyensis* **11**: 37-144.
- GALAMBOS I. & ORBÁN S. (1984): *Crossidium crassinerve* (De Not.) Jur., new member of the Hungarian bryoflora. – *Bryol. Beitr.* **3**: 23-27.

- GALLÉ L. (1964): Új löszlakó zuzmótársulás a tokaji Kopaszhegyen: *Endocarpetum pusilli*. – Bot. Közlem. **51**: 81-85.
- GALLÉ L. (1974): Lichenológiai adatok a jugoszláviai Vajdaság területéről (Lichenološki nalazi sa teritorije Vojvodine, Jugoslavija – Lichenologische Angaben vom Gebiet der Woiwodina, Jugoslawien) – Bot. Közlem. **61**: 37-41.
- GALLÉ L. (1975): Die Flechtengesellschaften der Jugoslawischen Woiwodina (Eine floristische und flechten-cönologische Abhandlung). – Móra F. Múz. Évk. 1974–75 (1):271-297.
- GALLÉ L. (1977): Magyarország zuzmócönózisai. Móra F. Múz. Évk. 1976–77: 429-493.
- GUERRA, J-G. – CANO, M.J. & ROS, R. M. (1995): El género *Pterygoneurum* Jur. (Pottiaceae, Musci) en la Peninsula Ibérica. – Cryptogamie, Bryol. Lichenol. **16**: 165-175.
- JÁRAI-KOMLÓDI M. (1966): Adatok az Alföld negyedkori klíma- és vegetációtörténetéhez (Quaternary climatic changes and vegetational history of the Great Hungarian Plain. I.) – Bot. Közlem. **53**: 191-201.
- JÁRAI-KOMLÓDI M. (1969): Adatok az Alföld negyedkori klíma- és vegetációtörténetéhez (Quaternary climatic changes and vegetational history of the Great Hungarian Plain. II.) – Bot. Közlem. **56**: 43-55.
- JÁRAI-KOMLÓDI M. (1991): Late Pleistocene vegetation history in Hungary since the last interglacial - In: Pécsi M. & Schweitzer, F. (eds.): Quaternary Environment in Hungary. Studies in Geography in Hungary, **26**, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 35-46.
- KARCZMARZ, K. (1960): The bryological characteristics of the Polish loess area. – Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska **15** (12) Sect. B: 186-209.
- KRUPA, J. (1984a): Anatomical structure of moss leaves and their photosynthetic activity. – Acta Soc. Bot. Pol. **53**: 43-51.
- KRUPA, J. (1984b): Strukturalno-funkcionalne adaptacije mchów do lądowych warunków życia. – Wiadomości Bot. **28**: 53-66.
- MARSTALLER, R. (1993): Die Moosgesellschaften des Villányer Gebirges in Südungarn. – Phytocoenologia **22**: 193-273.
- MCINTOSH, T. (1989): Bryophyte records from the semiarid steppe of northwestern North America, including four species new to North America. – The Bryologist **92**: 356-362.
- MCINTOSH, T. (1997): The biogeography of the bryophytes of the semi-arid steppe of south-central British Columbia, Canada. – J. Hattori Bot. Lab. **82**: 157-169.
- ORBÁN S. & VAJDA L. (1983): Magyarország Mohaflórájának Kézikönyve. – Akad. Kiadó, 518 pp.
- PÉCSI M. (1993): Negyedkor és löszkutatás. – Akad. Kiadó, Budapest, 375 pp.
- ROS, R.M. & GUERRA, J. (1987): Vegetación briofítica terrícola de la Región de Murcia (sureste de España). – Phytocoenologia **15**: 504-567.
- SEGARRA, J-G. – PUCHE, F. – FREY, W. & KÜRSCHNER, H. (1998): *Pterygoneurum squamosum* (Pottiaceae, Musci), a new moss species from Spain. – Nova Hedwigia **67**: 511–515.
- STEEER, W.C. (1965): The boreal bryophyte flora as affected by Quaternary glaciation. – In: WRIGHT, H.E. & FREY, D.G. (eds.): The Quaternary of the United States. Princeton, pp.487-495.
- STEEER, W.C. & INOUE, H. (1972): Distributional patterns and speciation of bryophytes in the circum-Pacific regions: Introduction. – J. Hattori Bot. Lab. **35**: 1-2.
- TAN, B.C. & ZHAO, J-C. (1997): New moss records and range extensions of some xeric and alpine moss species in China. – Cryptogamie, Bryol. Lichenol. **18**: 207-212.
- TAN, B.C., ZHAO, J-C. & HU, R-L. (1995): An updated checklist of Xinjiang, China. – Arctoa **4**: 1-14.
- VERSEGHY K. (1994): Magyarország zuzmóflórájának kézikönyve. – Magyar Termud. Múzeum, Budapest. 415 pp.
- VERSEGHY K. (1994): Magyarország zuzmóflórájának kézikönyve. - Magyar Termud. Múzeum, 415 pp.
- VIRÁGH K. & FEKETE G. (1984): Degradation stages in a xeroseries: composition, similarity, grouping coordination. – Acta Bot. Acad. Sci. Hung. **30**: 427-459
- WALTER, H. & LIETH, H. (1960-1966): Klimadiagramm Weltatlas. - Fischer, Jena.
- ZANDER, R.H. (1993): Genera of the Pottiaceae: Mosses of harsh environments. – Bull. Buffalo Soc. Nat. Sc. **32**: 1–378.
- ZANTEN, B.O. (1999a): Studies on the cryptogamic vegetation of loess cliffs, II. The genus *Bryum* on loess cliffs in the Pannonian Basin including *Bryum gemmiferum* Wilz.& Demar., *Bryum rubens* Mitt. and *Bryum violaceum* Crundw. & Nyh. new to Hungary. – Kitaibelia **4**(1): 157–162.
- ZANTEN, B.O. (1999b): Studies on the cryptogamic vegetation of loess cliffs, III. *Ceratodon conicus* (Hampe) Lindb., new to Hungary. – Kitaibelia **4**(1): 163–164.
- ZANTEN, B.O. – PÓCS T. (1981): Distribution and dispersal of bryophytes. In: SCHULZE-MOTEL (ed.): Advances in Bryology I. – J. Cramer, Vaduz. pp.: 479–562.

- ZÓLYOMI B. (1952): Magyarország növénytakarójának fejlődéstörténete az utolsó jégkorszaktól (Evolution of vegetation in Hungary from the last glacial). – MTA Biol. Oszt. Közl. **1**: 491-544.
- ZÓLYOMI B. (1958): Budapest és környékének természetes növénytakarója (Die natürliche Pflanzendecke von Budapest und Umgebung). In: Budapest természeti képe. – Akad. Kiadó, 511-642.
- ZÓLYOMI B. & FEKETE G. (1994): The Pannonian loess steppe: differentiation in space and time. – Abstr. Bot. **18**: 29-41.