

A HAJDÚSZOBOSZLÓI KÉTHALOM RECENS LŐSZVEGETÁCIÓJÁNAK FITOLIT MORFOTÍPUS-DIVERZITÁS VIZSGÁLATA

LISZTES-SZABÓ ZSUZSA¹, KISS HANGA¹, KOVÁCS SZILVIA¹, MOLNÁR ATTILA² és PETŐ ÁKOS³

¹DE, MÉK, Növénytudományi Intézet, Mezőgazdasági Növénytani,
Növényélettani és Biotechnológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.; szabos@agr.unideb.hu

²Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság, 4024 Debrecen, Sumen utca 2.

³Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ,
Alkalmazott Természettudományi Laboratórium, 1113 Budapest, Daróci út 3.

Elfogadva: 2014. október 10.

Kulcsszavak: fajdiverzitás, fitolit morfortípus-diverzitás, kunhalom, löszvegetáció, pázsitfű

Összefoglalás: A kunhalmok az alföldi táj kiemelkedő természetvédelmi és kultúrtörténeti értékei. Az intenzív mezőgazdaság elől a kunhalmok felszínére visszaszorult löszpusztai növényzet fitolitikészletét a Hajdúszoboszló melletti Kéthalmon vizsgáltuk. A halom növényzetének kevésbé degradált palástját a domináns pázsitfűvek alapján három részre osztottuk; ezeket cönológiai felvételezéssel jellemeztük. A cönológiai felvételekben előforduló 27 faj egy-egy példányából hamvasztásos módszerrel nyertük ki a biogén szilíciumot. Minden egyes faj fitolitikészletét több száz fénymikroszkópi fotóval dokumentáltuk. A kétszikűekben 19 fitolit morfortípust különböztettünk meg, szemben a pázsitfűvek 25 fitolit formájával. Ebből 9 morfortípus csak a vizsgált kétszikű fajokban fordult elő, míg a pázsitfűvekben 16 olyan morfortípust találtunk, amely a vizsgált kétszikű fajokra nem jellemző. Várható módon a vizsgált pázsitfűvek fitolit produkciója volt kiemelkedő. A löszvegetáció leíró fitolitvizsgálata mellett vizsgáltuk a növényi fajdiverzitás, és a növényekben tárolódó fitolit morfortípus-diverzitás összefüggéseit. Vizsgálataink alapján összefüggés mutatható ki a halom vegetációjának fajdiverzitása, illetve annak fitolitdiverzitása között. A pázsitfűfajok dominanciája jelentkezik a vegetációra jellemző fitolitikészlet diverzitásában. Eredményeink megalapozzák a fitolit morfortípus-diverzitás, mint paleoökológiai eszköz vegetáció rekonstrukciójában, illetve környezet- és tájtörténeti vizsgálatokban történő alkalmazását is.

Bevezetés

A kunhalmok botanikai értéke

A kunhalmok kiemelt botanikai, ökológiai, talajtani és kultúrtörténeti értékekkel rendelkeznek. Ex lege védett formakincsként (melyet az 1996. évi LIII. számú, a természetvédelemről szóló törvény állapít meg) számos halom természetvédelmi szempontból is értékes vegetációt őriz. A kunhalmok kutatásával kultúr-, környezettörténeti és régészeti szempontból is fontos információkat nyerhetünk.

Hazánkban a szisztematikusként tekinthető kunhalomkutatás közel két évszázados múltra tekint vissza. Horváth István történész és Jerney János XIX. században végzett tudományos vizsgálatait szerint védelmi és temetkezési céllal keletkeztek a kunhalmok, mint dombszerű képződmények. A további kutatásokba geográfusok, régészek és néprajzkutatók is bekapcsolódtak. Sokáig vitatott volt, hogy ezek a halmok természetes vagy mesterséges képződmények-e. Miskolczy Károly határozottan állította, hogy „*ezek nem lehetnek csinált halmok, ...e halmok a természet művei, s midőn e síkságot tenger borítá, a víz hullámzása által jöttek létre*” (MISKOLCZY 1864). Szabó József geográfus rációfolt

erre, bizonyította korának azt az elméletét, mely szerint a Kárpát-medencében természetes és mesterséges halmok is léteznek (SZABÓ 1868). A XIX. század végén megkezdődött a kunhalmok régészeti kutatása is. Ennek eredményeként egyértelművé vált antropogén eredetük (RÓMER 1878, JÓSA 1897). A XX. században sikerült egyes halmok, illetve halomtípusok keletkezési korát és elsődleges funkcióját is meghatározni (TARICZKY 1906, MÓRA 1906, GÁRDONYI 1914, KRÉCSMARIK 1922, ÉRI 1956, SELMECZI 1971).

Az 1960-as években került előtérbe a halmok természettudományos kutatása. Bizonyították, hogy a halmokat általában természetes magaslatra, folyóhátra, homokbucára, löszhátra emelték a környező terület humuszos feltalajából. Nyilvánvalóvá vált, hogy botanikai szempontból is kutatható területek. Ennek úttörő munkája Tóth Albert nevéhez kötődik, aki először Jász-Nagykun-Szolnok megye tiszántúli részén (TÓTH 1988), majd a megye többi részén is szisztematikusan felmérte a halmokat (nem csak botanikai szempontból), módszertanilag megalapozva ezzel a későbbi országos állapotfelmérést is. Ezzel az országos felméréssel párhuzamosan számos talajtani, botanikai és zoológiai vizsgálat vette kezdetét. Több kunhalom ökoszisztémái viszonyait rekonstruálták különböző módszerek alkalmazásával (SÜMEGI et al. 1998, TÓTH 1999, BARCZI et al. 2003). Napjaink természetvédelmi kutatásának egyik fontos és kiemelkedő eleme a kunhalmok védelme, a megmentésük lehetőségeinek felkutatása, kezelési tervek kidolgozása (TÓTH és TÓTH 2003, RÁKÓCZI és BARCZI 2014). A kunhalomkutatás középpontjába helyet foglaló talaj-növény összefüggés vizsgálatok abból az alapfeltételezésből indulnak ki, hogy a halmok a lösznövényzet utolsó menedékei. Ez többek között annak köszönhető, hogy nagy mértékben visszaszorult a halmok elterjedési területe a Kárpát-medence középső területén, főleg a kiváló minőségű csernozjom talajok felszántása és művelésbe vonása miatt. A legújabb vizsgálatok rámutattak a halmok talajtani jelentőségére, és arra, hogy nagyobb terepet kínáljanak a sztyeppvegetáció és a talajok közötti összefüggések vizsgálatára is (pl. BARCZI et al. 2004, PENKSZA et al. 2011a, PENKSZA et al. 2011b, PENKSZA et al. 2011c).

Növényi opálszemcsék környezettörténeti és taxonómiai jelentősége

Számos növényfaj a felvett kovasavat hidratált SiO_2 (fitolit) formájában akumulálja szervezetében. A kova a sejtet kitöltve vagy a szövetközi térben kiválva megőrzi annak alakját, és képződésének, morfológiájának, méretének, a formák arányának sok esetben taxonómiai relevanciája van. Mivel a fitolitok a talajban és az üledékekben igen ellenállóak, ezért a környezettörténeti vizsgálatokban is egyre hangsúlyosabb szerepet kapnak a pollenanalízis és a keményítőszemcse elemzés mellett. A szervetlen anyagból felépülő fitolitokkal ellentétben a virágporszemcsék, illetve a keményítő szemcsék szerves anyagból épülnek fel. Ebből a tulajdonságukból számos metodológiai és alkalmazási eltérés adódik. Az említett mikro-maradványok régészeti növénytani értelmezéséhez mindenképpen szükséges ismerni képződési, anyagtulajdonságbeli különbségeiket, hiszen ezek kihatással vannak mind a terepen, laborban alkalmazandó módszerekre, a maradványok felhalmozódási jellegére és tafonómiájára. Ezen kívül a növényi opálszemcsék nem feltétlenül akkor szabadulnak ki a szövetekből a környezetbe, amikor anatómiailag elérték teljesen kifejlett állapotukat. Azaz sok esetben nem diagnosztikus, tehát nem meghatározható fitolit kerül a növényi test elbomlásával a talajba, üledékekbe. Ez a tulajdonság a pollenekre azonban nem jellemző, hiszen az esetek túlnyomó részében a növény akkor „engedi el” a virágporszemcséit, amikor az érett állapotba került.

A fitolitelemzés egyik hátránya, hogy elmélyült és körültekintő munkát igényel olyan referencia kollekciók készítése, amelyek alkalmazásával megfelelően interpretálhatóak a feltárt morfortípusok. Ilyen összehasonlító gyűjtemények már jellemzően rendelkezésre állnak pollenek és keményítő szemcsék tekintetében a Föld számos régiójára nézve. Ellentétben a pollennel, a fitolitok és a keményítő szemcsék a lokális környezetet indikálják, míg a pollenek értelmezésével elsősorban – bár nem kizárólag – ún. regionális szignálokat tudunk értékelni és értelmezni. Ez a tulajdonság egyfelől előnyként, másfelől hátrányként jelentkezik, hiszen mikrokörnyezeti vonatkozásban könnyen lehet biztos és használható adatot nyerni, viszont nagyobb területek környezet rekonstrukciójához több mintavételi pont, nagyobb mintaszám szükséges (PETŐ 2011a, 2011b).

A fitolit (C. G. Ehrenberg után elnevezve, 1854) az élő növények szöveteiben, a növény életműködései folyamán keletkező optikailag izotróp anyag. Ezek a növényi opálszemcsék a szerves anyag elbomlása után válnak szabaddá és halmozódnak fel a talajban (PEARSALL 2000, PIPERNO 1988, 2006). Felvetődik a kérdés, hogyan és miért választanak ki a növények fitolitokat a szöveteikben. A fitolitiképzéshez nélkülözhetetlen szilícium-dioxidot ortokovasav vagy monokovasav formájában veszik fel a növények a gyökérzetet át megfelelő körülmények között (talaj pH 2–9). A fitolit kiválasztása a növényben három, jól meghatározott helyen mehet végbe: a membrán szilifikáció során a sejtfalra rakódva; a sejtüregben (lumen), valamint a kéreg sejtközötti járataiban felhalmozódva (cortex intercelluláris). A növények fitolitiképző képessége különböző taxonómiai csoportokban eltérő lehet. Ez azzal magyarázható, hogy a fitolitiképzésben nagy szerepe van a növény rendszertani hovatartozásának és korának, ezen túlmenően kihatással lehet a lelőhely éghajlata, valamint a talaj fizikai és kémiai tulajdonsága is. A pázsitfűvek csoportja igen jelentős fitolit produkcióval rendelkezik, míg más növényfajok egyáltalán nem állítanak elő fitolitot (PIPERNO 1988). Miután a növény kiválasztja a szilícium-dioxidot, lényegében egy olyan azonosító jön létre, ami magánál a növénynél sokkal ellenállóbb. A növény megsemmisülése után, azaz a szerves anyag elbomlásával hátramaradt azonosító jelzi, milyen növényközösségek éltek az adott területen. A fitolitok mérete, alakja növénycsaládra, nemzetségre, ritkábban fajra jellemző lehet. A különböző környezeti feltételek okozhatnak fenotípusos plaszticitást a fitolitoknál. Egyes kutatások szerint a növényi opálestek képződése genetikailag is meghatározott folyamat, amely tekintélyes szisztematikai potenciállal rendelkezhet (PRYCHID et al. 2004). Némely (ritka) esetben növényi referencia anyagot vizsgálva a kovatestek alakja elegendő lehet a helyes fajszintű elkülönítéshez (LINDSTROM et al. 2000). A fitolitok világában fennálló multiplicitás és redundancia sok esetben akadályozza ugyanakkor, hogy szorosan megfeleltessük a fajt a fitolitikészletével (ROVNER és RUSS 1992). Ugyanaz a morfortípus ugyanis ugyanazon növényegyed különböző szöveteiben is kialakulhat, illetve egy adott faj/taxon is képezhet számos különböző morfortípust. Továbbá a taxonómiailag különböző rokonsági fokon álló fajok is képezhetnek hasonló morfológiai jegyekkel bíró fitolitokat. A növényi fitolitikészletnek taxonómiai jelentősége lehet, a kalcium-oxalát kristályokhoz, keményítőhöz, tanninokhoz és egyéb nem protoplazmatikus anyagcsere termékekhez hasonlóan, amelyek növénycsaládok megkülönböztető jegyei lehetnek (GOLDBLATT et al. 1984, RUDALL 1994). A levélepidermisz jellemzők, a szilifikált egysejtű szőrök, serték jelenléte és eloszlása hasznos elkülönítő bélyegnek bizonyult *Poa* fajok azonosításakor (SZABÓ et al. 2006). Már jó néhány növényfaj fitolitikészletének leíró jellegű feldolgozása létezik (pl. HODSON et al. 1997, SANGSTER et al. 1997, ALBERT et al. 2011), ugyanakkor

kevés információ áll rendelkezésre a Kárpát-medence domináns pázsitfűveinek fitolitikészletéről, valamint a recens növényzet és az abban tárolt fitolitikészlet diverzitásának összefüggéseiről, amely utóbbi kiemelkedő szerepet kaphat a környezetrekonstrukciós és paleobiogeográfiai vizsgálatokban.

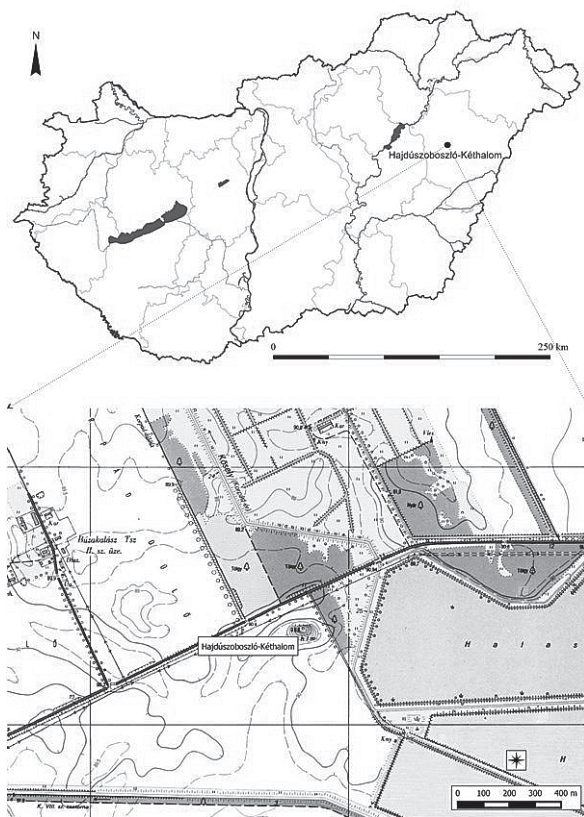
A recens életközösségek egyik fontos ökológiai jellemzője a diverzitás, amely alatt egy adott élőhelyet benépesítő fajok számát és eloszlásuk egyöntetűségét értjük. A bio-diverzitással összefüggő kutatások egyre hangsúlyosabbak napjainkban az élőhely-állapotfelmérés és a természetvédelmi kezelések tervezése kapcsán is (NAGY et al. 2007). Az egykoron élt életközösségek ökológiai jellemzését fennmaradt fosszilis, illetve egyéb módon konzerválódott képletek alapján végezhetjük el. Természetesen, az időben visszafelé haladó életközösség-rekonstrukció szinte minden esetben hibával terhelt a szelektíven ható fosszilizációs és tafonómiai hatások miatt. Felmerül ugyanakkor a kérdés, hogy amennyiben ismerjük egy jelenkori élőhely növényfaji diverzitási jellemezőit, illetve a növények által kiválasztott fitolitikészletet, akkor a kettő között fennálló esetleges összefüggések, illetve az ebből következő törvényszerűségek alapján képesek vagyunk-e egy őskörnyezeti kontextusból feltárt fitolitikészletet ökológiai, esetleg diverzitási rekonstrukcióvá fordítani? Ebből a kérdésből automatikusan következik, hogy vajon megismerhetők-e azok a „standard hibák”, amelyek egy adott növényi életközösség diverzitása és a bennük hidratált kova formájában tárolódó fitolit morfortípus-diverzitás között fennállhat?

Tudatában annak, hogy a fenti két kérdés számos egyéb, kiterjedt diszkusszióra alapot adó részletet hordoz magában, jelen vizsgálatunkkal igyekszünk megtenni az első lépést a megválaszolás felé. Jelen dolgozatban arra keressük a választ, hogy milyen összefüggések lehetnek a kiválasztott kunhalom recens vegetációjának fitolitikészlete és diverzitása, valamint a feltalaj és az eltemetett talajrétegek fitolitikészlete és annak diverzitása között. Ez a tanulmány az említett kutatási terv első meghatározó lépésének eredményeit ismerteti: a recens növényzet domináns fajainak fitolitikészletét mutatja be, és a vegetációfoltok fajdiverzitásának és fitolit morfortípus-diverzitásának összevetéséből származó konklúzióit tartalmazza.

Anyag és módszer

A vizsgálatba vont hajdúszoboszlói Kéthalom (1. ábra) a Hajdúság egyik, fajokban leggazdagabb és leginkább természetközelinek ítéltető löszgyepét hordozza (*Salvia nemorosae-Festucetum rupicolae* Zólyomi ex Soó 1964). Csoportosítást tekintve a Kéthalom kettős vagy ikerhalom (TÓTH 2004), jellegzetes kurgán. Az általunk vizsgált halom megcsonkított, a déli testvérhalma pedig majdnem teljes egészében felszántásra került (TÓTH és TÓTH 2003). A hajdúszoboszlói Kéthalom mesterséges okokból aszimmetrikus, a II. katonai felmérés tanulsága szerint már abban az időben is szántón helyezkedett el, a Nyéki-lapos szomszédságában. Tóth A. 1996-os kunhalom csoportosítása alapján a Kéthalom megbontott, bolygatott halom, melyen jelentős növénytani, régészeti értékkel találkozhatunk (TÓTH 1996). A Kéthalom északi tagja a Korpád-dűlőhöz tartozik, míg a déli tagja a Benedek-dűlőhöz.

A 2013 májusában végzett cönológiai felvételezés során – előzetes bejárást követően – a halom növényzetét a domináns pázsitfűvek alapján három részre osztottuk: az I. vegetációfoltot az *Elymus repens* dominálta, a II-at a *Festuca rupicola*, a III-at a *Stipa capillata* és a *Poa angustifolia* (1. táblázat) (2. ábra). Ezekben az elkülönülő növényzeti foltokban három-három cönológiai felvételt készítettünk (HORVÁTH et al. 1995). A kvadrátok növényfajaiból egy-egy teljes példányt begyűjtöttünk: ez összesen 27 növénymintát jelentett. Nyolc egyszikű fajt azonosítottunk, ebből hét a pázsitfűfélék (*Poaceae*) családjába tartozik, a 19 kétszikű faj pedig 16 növény-családba volt sorolható. A fajok meghatározásánál SIMON (2000) némenklatúráját, a társulásoknál pedig BORHIDI (2003) cönológiai rendszerét alkalmaztuk.

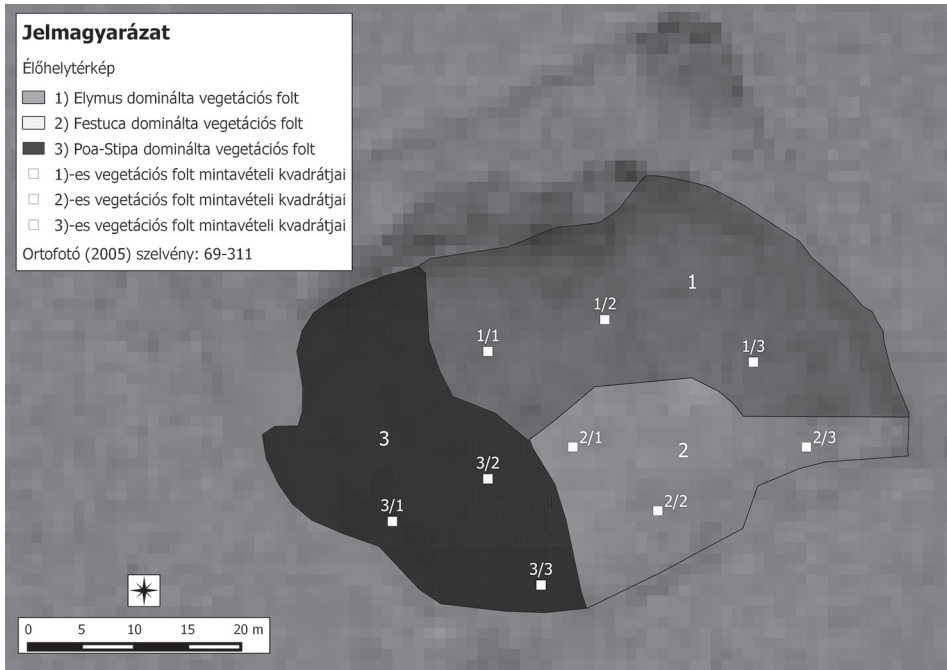


1. ábra. A Kéthalom elhelyezkedése Hajdúszoboszló (Hajdú-Bihar megye) mellett
 Figure 1. Location of the study site – Kéthalom kurgan – near Hajdúszoboszló
 (Hajdú-Bihar County, NE Hungary).

1. táblázat
 Table 1

A cönológiai vizsgálathoz kialakított mintavételi kvadrátok EOY koordinátái
 The EOY coordinates of the coenological quadrats on Kéthalom kurgan. (1) Quadrat code.

Kvadrátkód (1)	x	y
1/1	819818	236366
1/2	819829	236369
1/3	819843	236365
2/1	819826	236357
2/2	819834	236351
2/3	819848	236357
3/1	819809	236350
3/2	819818	236354
3/3	819823	236344



2. ábra. A hajdúszoboszlói Kéthalom kunhalmon (Hajdú-Bihar megye) végzett élőhelytérképezés eredményeképpen megállapított élőhelyfoltok kiterjedése a halom palástján, valamint az egyes élőhely foltokban felvett cönológiai kvadrátok elhelyezkedése

A térkép QGIS 2.2.0-Valmiera térinformatikai programmal készült.

Figure 2. The extension of the three different habitat patches on the mantle of Kéthalom kurgan (Hajdú-Bihar County, NE Hungary), as well as the location of the sampling quadrats within the different habitats (compiled with QGIS 2.2.0- Valmiera mapping software).

A növéyminták feldolgozása laboratóriumi körülmények között történt. A példányok néhány napig száradtak, majd ultrahangos tisztítás és szárítás után példányonként felaprítottuk őket, és szerv szerinti elkülönítés nélkül, összekeverve kezeltük (ún. fajra reprezentatív egységes minta). A növények fitolitttartalmának feltárása száraz hamvasztásos (ún. dry ashing) módszerrel (ALBERT és WEINER 2001) zajlott, MERCADER (2009, 2010) tanulmányai alapján módosítva. A protokoll végeredmékeként maradt hamu a kova, melynek tömege a száraz tömeg százalékában adja a biogén szilícium mennyiségét. A fitolit morfortípusok vizsgálatához a növényi hamut immerziós olajban Zeiss Axiskop 2+ típusú fénymikroszkóppal 1000-szeres nagyításnál vizsgáltuk a fedőlemez által fedett teljes területen. A fitolitok morfortipizálása során az ICPN 1.0 (MADELLA et al. 2005) rendszerét követtük. (A morfortípus elnevezések alkalmazása során aktuálisan érdemes a nemzetközi nomenklaturát követni annak végső kialakításáig.) Ezen kívül „papilla” és „bulliform” elnevezéseket abban az esetben használtunk, amikor az adott fitolitok anatómiai eredete egyértelműen papilla vagy bulliform sejt volt. A fitolitok gyakoriságát szemléltető ábra, az ökológiai adatok feldolgozására és szemléltetésére kifejlesztett C2 paleoökológiai adatfeldolgozó és statisztikai szoftverrel (JUGGINS 2007) készült.

A vegetációfoltok fajdiverzitását és növényi minták fitolitikészlet diverzitását Rényi-féle diverzitási függvénycsaláddal hasonlítottuk össze. A fajdiverzitás adatmátrixát úgy képeztük, hogy növényzeti foltonként átlagoltuk a borítási értékeket, majd relatív gyakorisági értékeket képeztünk. A fitolit morfortípus-diverzitás adatmátrixát úgy határoztuk meg, hogy az adott morfortípus adott fajban képviselt arányát súlyoztuk a faj adott növényzeti foltban képviselt borításával, és ebből szintén relatív gyakoriságot képeztünk. Minden faj esetén kiszámoltuk minden morfortípus relatív gyakoriságát. Az adott foltban minden morfortípus fajonkénti relatív gyakoriságát összeadtuk, így kaptuk a különböző morfortípusok foltra jellemző gyakoriságát. Ezt a számítást minden foltra vonatkozóan elvégeztük. Mivel az osztályozandó fitolit morfortípusok legnagyobb részét a pázsitfűvek produkálják, és a rájuk jellemző *elongate* morfortípusok sokféle mintázatban fordulnak elő, a fitolit morfo-

típus adatokat elemeztük az elongate mintázatok figyelembe vételével és anélkül is. Így képet kaphatunk arról, hogy mennyire befolyásolja egy vegetáció fitolit morfortípus-diverzitását a pázsitfűvek *elongate* fitolitjainak mintázati sokfélesége. Az adatokat DivOrd 1.60 programmal elemeztük (TÓTHMÉRÉSZ 1995). A diverzitási profi-
lokát OriginPro 7.5 diagram-szerkesztő programmal ábráztuk.

Eredmények

A feldolgozott növényekből nyert hamu többféle szilíciumformát tartalmazott: kovatesteket, elkovásodott falú sejteket, eltérő mértékben korrodált kovásodott sejteket, sejtörmelékét és epidermisz szövetdarabokat. A korrodált formák roncsolódott, oldódott kovates-
tek, kovásodott sejtfa-
lak és sejtöredékek.

A vizsgált növények szárazanyag tömegének szilíciumtartalmát (ún. biogén szilícium tartalom) az 2. táblázat tartalmazza. A kétszikűek esetén ez az érték 2,09 és 10,78% között mozog. A vizsgált pázsitfűvek biogén szilíciumtartalma 1,44 és 6,16% között alakult. Ez átlag alattinak tekinthető MERCADER et al. (2010) 26 vizsgált Poaceae fajának adataival összevetve, különösen, mert a vizsgált fajok C₃-as fotoszintetikus úttal rendelkeznek. Az egyszikű üstökös gyöngyike (*Muscari comosum*: Asparagaceae) kiemelkedően magas kovataralommal rendelkezett (10,82%), bár a kétszikűek esetén is találkozhatunk hasonlóan magas aránnyal (*Melandrium album*: 10,78%).

2. táblázat
Table 2

A hajdúszoboszlói Kéthalom fajainak biogén szilícium tartalma
The biogenic silica content of the species collected at Kéthalom kurgan. (1) Species/Plant family;
(2) Biogenic silica content [%]

No	Fajnév/Családnév (1)	Biogén szilícium tartalom (bSi) [%] (2)
1	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould / Poaceae	2,3704
2	<i>Verbascum blattaria</i> L. / Scrophulariaceae	6,2112
3	<i>Salvia nemorosa</i> L. / Lamiaceae	6,8195
4	<i>Erysimum diffusum</i> Ehrh. / Brassicaceae	4,2544
5	<i>Festuca rupicola</i> Heuff. / Poaceae	2,2041
6	<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh. / Apiaceae	7,0644
7	<i>Galium verum</i> L. / Rubiaceae	4,3806
8	<i>Verbascum phoeniceum</i> L. / Schrophulariaceae	5,8663
9	<i>Poa angustifolia</i> L. / Poaceae	2,2918
10	<i>Silene alba</i> Mill. E.H.L. Krause / Caryophyllaceae	10,784
11	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P. Beauv. ex J. Presl et C. Presl / Poaceae	3,3237
12	<i>Phlomis tuberosa</i> L. / Lamiaceae	5,4904
13	<i>Knautia arvensis</i> (L.) Coult. / Caprifoliaceae	5,9746
14	<i>Galium aparine</i> L. / Rubiaceae	6,0887
15	<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv. / Brassicaceae	4,7503
16	<i>Lathyrus tuberosus</i> L. / Fabaceae	5,7871

No	Fajnév/Családnév (1)	Biogén szilícium tartalom (bSi) [%] (2)
17	<i>Koeleria cristata</i> (L.) Pers. em. Borbás ex Domin / Poaceae	6,1676
18	<i>Cynoglossum officinale</i> L. / Boraginaceae	7,7037
19	<i>Salvia austriaca</i> Jacq. / Lamiaceae	2,0986
20	<i>Stipa capillata</i> L. / Poaceae	1,4452
21	<i>Euphorbia virgata</i> Waldst. et Kit. / Euphorbiaceae	4,2285
22	<i>Hypericum perforatum</i> L. / Hypericaceae	3,5673
23	<i>Muscari comosum</i> (L.) Mill. / Asparagaceae	10,829
24	<i>Achillea collina</i> Becker ex Rchb. / Asteraceae	3,6939
25	<i>Alopecurus pratensis</i> L. / Poaceae	1,9909
26	<i>Convolvulus arvensis</i> L. / Convolvulaceae	6,0352
27	<i>Rubus fruticosus</i> agg. / Rosaceae	4,9189

Minden egyes faj fitolitkészletét fénymikroszkópi fotók segítségével dokumentáltuk. Ezen munka során 7295 fitolitot számoltunk, amelynek 20%-a (1520 db) egyértelműen tipizálható (11–195 db/faj), 5575 db pedig nem tipizálható (36–509 db/faj). Munkánk során 35 db olyan karakterizálható morfotípust találtunk, melyek potenciálisan alkalmazhatók lehetnek taxonómiai elkülönítésre. Egy, morfológiai szempontból új típust is azonosítottunk. A 3. táblázat és a 3–5. ábra összegzi a vizsgált löszgyep fajok fitolitkészletét a morfotípusok általános jellemzőivel együtt.

3. táblázat
Table 3

A Kéthalom kunhalom löszgyepi fajainak fitolit morfotípusa

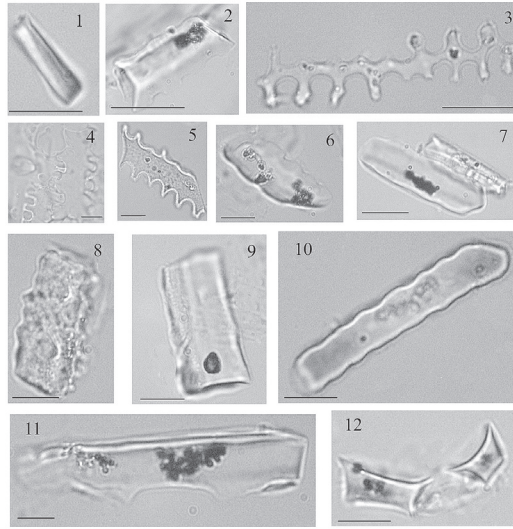
U = hány fajban van jelen az adott morfotípus (ubikvitás), N = összes darabszám; P = gyakoriság az összes osztályozható morfotípusainak százalékában.

Inventory of the phytolith morphotypes of the loess vegetation species sampled at Kéthalom kurgan.

(1) Figure; (2) Denomination/descriptor; (3) Reference for the descriptors; (4) Presence in the examined species; U = ubiquity value; N = total number; P = frequency (within the classified phytolith assemblage)

No	Ábra (1)	Alaktani jellemző (2)	Leírás forrása (3)	Jelenlét fajokban (4)	U n=27	N (db)	P (%)
1	3.1.	Elongate	ICPN	1-17,19, 20,21,22,23,24, 25,27	25	832	54,74
2	3.2.	<i>El. castelate</i>	ICPN	17,25	2	11	0,72
3	3.3.	<i>El. columellate</i>	ICPN	5,9,11,20,25	5	26	1,71
4	3.4.	<i>El. crenate</i>	ICPN	5,9,17,20	4	7	0,46
5	3.5.	<i>El. echinate</i>	ICPN	1,5,9,11,17,20,25	7	19	1,25
6	3.6.	<i>El. lacunose</i>	ICPN	25	1	1	0,06
7	3.7.	<i>El. papillate</i>	ICPN	20,25	2	10	0,65
8	3.8.	<i>El. pilate</i>	ICPN	17,20,25	3	17	1,11
9	3.9.	<i>El. psilate</i>	ICPN	1,5,9,11,17,20,25	7	331	21,7
10	3.10.	<i>El. sinuate</i>	ICPN	5,9,11,17,20,25	6	64	4,21

No	Ábra (1)	Alaktani jellemző (2)	Leírás forrása (3)	Jelenlét fajokban (4)	U n=27	N (db)	P (%)
11	3.11.	<i>El. verrucate</i>	ICPN	5,17,25	3	4	0,26
12	3.12.	Rondel-trapeziform	ICPN	1,5,9,11,17,20,25	7	323	21,25
13	4.13.	Stellate	ICPN	1,15,16,19,23,24,26	7	61	4,01
14	4.14.	Scutiform	ICPN	1,3,7,15,21,25	6	15	0,99
15	4.15.	Square	ICPN	9,16,18,19,20,21,27	7	11	0,72
16	4.16.	Bulliform	ICPN	1	1	1	0,07
17	4.17.	Blocky	Blinnikov 2005	13	1	7	0,46
18	4.18.	Clavate	ICPN	2,18,24	3	3	0,20
19	4.19.	Acicular	ICPN	3	1	1	0,07
20	4.20.	Conical	ICPN	1	1	1	0,07
21	4.21.	Tissue		16,20,25	3	3	0,20
22	4.22.	Hair base	ICPN	3,7	2	2	0,13
23	4.23.	Trigonal pyramid	Lisztes-Sz. et al. 2013	6,13	2	6	0,39
24	4.24.	Cylindrical polylobate	ICPN	7	1	3	0,20
25	5.25.	Lanceolate trichom	ICPN	9,11,17,19, 20, 24	6	8	1,18
26	5.26.	Rectangle	ICPN	17,23	2	37	2,43
27	5.27.	Orbicular	ICPN	18,19,21	3	6	0,39
28	5.28.	Pyramidal	ICPN	21	1	1	0,07
29	5.29.	Irregular with protrusion	jelen munka	2, 36,7,10,12,14,15,16, 18,19,20,21,22,23,24, 25,26,27	19	132	8,68
30	5.30.	Globular with perforation	Korstanje, Babot 2007	19,21,23,24, 25,27	6	15	0,99
31	5.31.	Globular	ICPN	11,14,15,16	4	9	0,59
32	5.32.	Tabular	ICPN	8	1	5	0,33
33	5.33.	Papilla	ICPN	1,17,20,25	4	5	0,33
34	5.34.	Sztóma apparátus		5	1	1	0,07
35	5.35.	New type	jelen munka	2,3,11,13,16,17, 18,21	8	22	1,45
		Classified				1520	
		Unclassified				5775	



3. ábra. A Kéthalom löszgyep fajok fitolitjainak mikroszkópos felvételei

A vonal hossza 10 μm . 1. *Galium aparine*: elongate, 2. *Koeleria cristata*: elongate castellate,

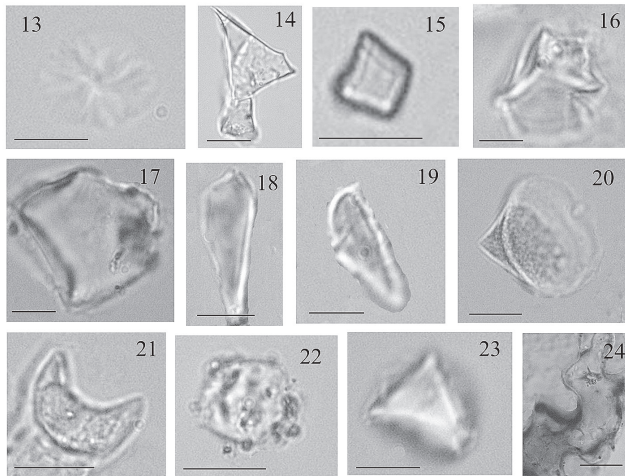
3. *Arrhenatherum elatius*: elongate columellate, 4. *Stipa capillata*: elongate crenate, 5. *Alopecurus pratensis*:

elongate echinate, 6. *Alopecurus pratensis*: elongate lacunose, 7. *Koeleria cristata*: elongate pilate,

8. *Alopecurus pratensis*: elongate papillate, 9. *Elymus repens*: elongate psilate, 10. *Alopecurus pratensis*:

elongate sinuate, 11. *Koeleria cristata*: elongate verrucate, 12. *Stipa capillata*: rondel-trapeziform.

Figure 3. Images of selected phytolith morphotypes recovered from plant species collected at Kéthalom kurgan. Length of bar: 10 μm .



4. ábra. A Kéthalom löszgyep fajok fitolitjainak mikroszkópos felvételei

A vonal hossza 10 μm . 13. *Elymus repens*: stellate, 14. *Euphorbia virgata*: scutiform,

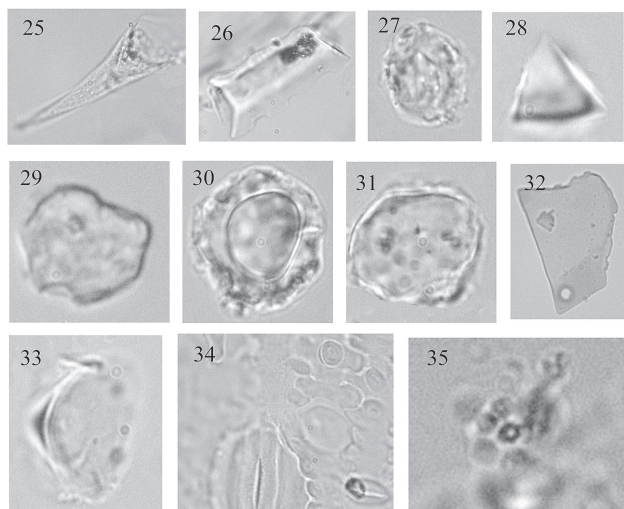
15. *Rubus fruticosus*: square, 16. *Elymus repens*: bulliform, 17. *Knautia arvensis*: blocky, 18. *Verbascum*

blattaria: clavate, 19. *Salvia nemorosa*: clavate, 20. *Elymus repens*: conical (papilla), 21. *Alopecurus*

pratensis: short cell, 22. *Salvia nemorosa*: hair base, 23. *Falcaria vulgaris*: trigonal pyramid,

24. *Galium verum*: cylindrical polylobate.

Figure 4. Images of selected phytolith morphotypes recovered from plant species collected at Kéthalom kurgan. Length of bar: 10 μm .



5. ábra. A Kéthalom löszgyep fajok fitolitjainak mikroszkópos felvételei

A vonal hossza 10 µm. 25. *Arrhenatherum elatius*: lanceolate trichom, 26. *Koeleria cristata*: rectangle, 27. *Salvia austriaca*: orbicular, 28. *Euphorbia virgata*: pyramidal, 29. *Rubus fruticosus*: irregular with protrusion, 30. *Salvia austriaca*: globular with (central) perforation, 31. *Lathyrus tuberosus*: globular, 32. *Verbascum phoeniceum*: tabular, 33. *Koeleria cristata*: (conical) papilla, 34. *Festuca rupicola*: stomatal apparatus, 35. *Verbascum blattaria*: new type.

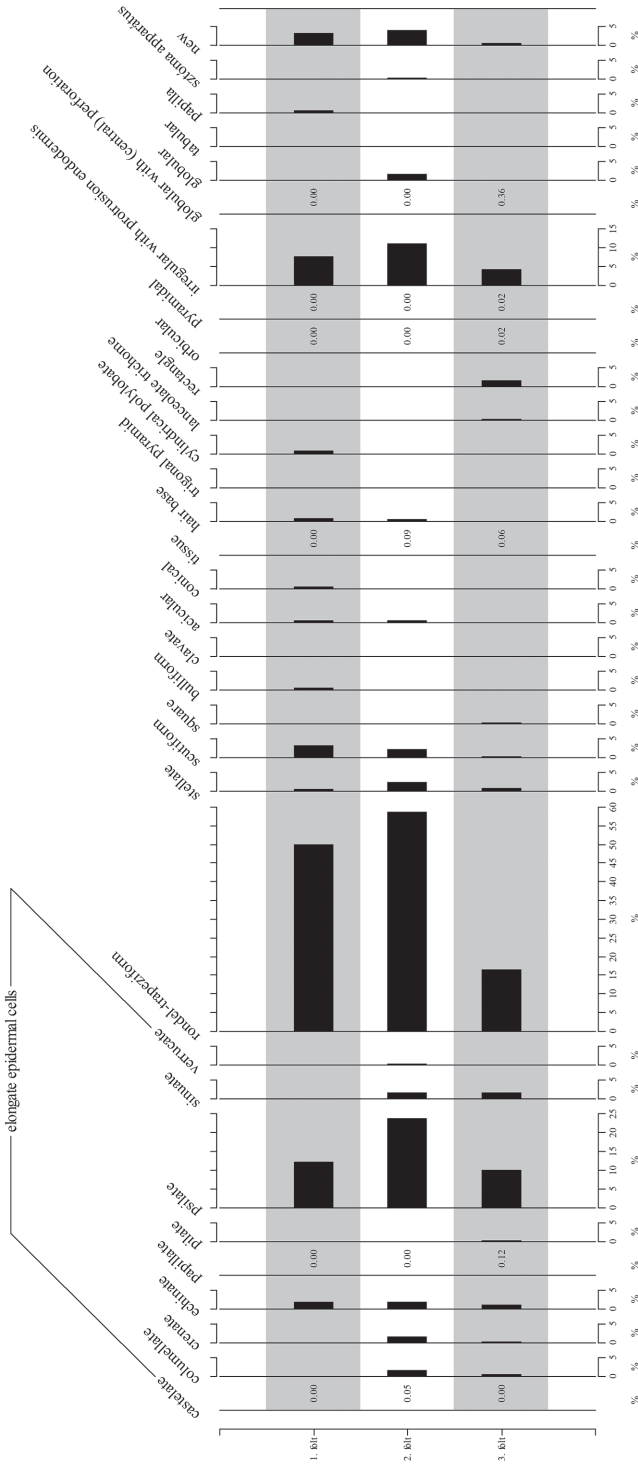
Figure 5. Images of selected phytolith morphotypes recovered from plant species collected at Kéthalom kurgan. Length of bar: 10 µm.

A kétszikűekben 19 féle fitolit morfotípust találtunk, szemben a pázsitfűvek 25 fitolit formájával. Ebből 9 morfotípus csak a vizsgált kétszikű fajokban fordult elő, míg az egyszikűekben 16 féle olyan morfotípus volt, amely a vizsgált egyszikű fajokra nem jellemző.

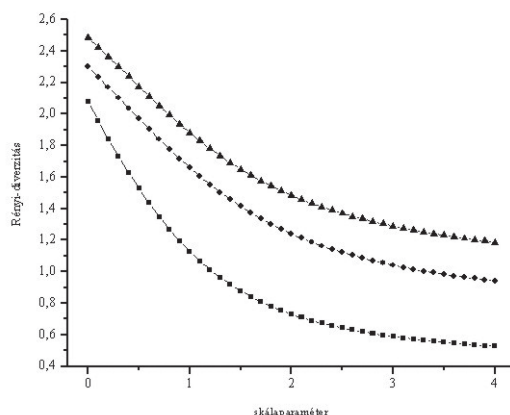
Az egyszikűek fitolitikészletének tanulmányozása során egyértelművé vált, hogy a pázsitfűvek fitolit formákban igen gazdagok. Ehhez az is hozzájárul, hogy az egyik leggyakoribb morfotípus, az *elongate* (főként epidermisz hosszú sejtek) számos különböző mintázattal fordulhat elő. A leggyakoribb *elongate* morfotípus a *psilate* és a *sinuate* (6. ábra). A másik igen gyakori morfotípus a *rondel-trapeziform* (6. ábra), amelynek anatómiai eredete az epidermisz rövid sejtjei. Az egyszikűek közé tartozó üstökös gyöngyike (*Muscari comosum*) fitolitikészletében különbözik a pázsitfűvektől, az *elongate* formák *sima* felületűek (*psilate*) (3. táblázat).

A 6. ábra tanúsága szerint a szabálytalan, kiemelkedésekkel rendelkező morfotípus aránya is számottevő (*irregular with protrusion*); ezek anatómiai eredetként a gyökér endodermiszét valószínűsítjük. Összességében a vegetációfoltok fitolit összetételében meghatározóak a pázsitfűfélék epidermisz kovasejtjei. A legnagyobb a mintázat nélküli, *elongate psilate* morfotípus, az *elongate* formák között, de nagy arányban szerepel az *echinate* is. *Elongate* mintázatokban a II. vegetációfolt a legdiverzebb. A II. és III. vegetációfoltban a *sinuate* arány is magas. A *rondel-trapeziform* arány az I. és II. vegetációfoltban a legmagasabb, amelynek érdekessége, hogy éppen a III. vegetációfoltban két pázsitfűfaj is nagy dominanciájú, a *Poa angustifolia* és *Stipa capillata*. Ennek megfelelően ebben a foltban vártunk nagyobb *rondel-trapeziform* arányt és *elongate* változatosságot.

6. ábra. A Kéthalom három vegetációfajának foltonkénti fitolit morfolípus eloszlása
 Figure 6. The phytolith morphotype distribution of the examined three vegetation patches at Kéthalom kurgan.



A diverzitási elemzések eredményét a 7–9. ábrák szemléltetik. A Kéthalom vegetációfoltjainak fajdiverzitási görbéi nem metszik egymást, így értékelhető és sorba rendezhető kis és nagy skálaparaméter értéknél egyaránt (7. ábra). A legalacsonyabb diverzitási értékeket az *Elymus* dominálta 1. számú vegetációfolt mutatja. Ezt a 2. számú, *Festuca* dominálta vegetációs folt diverzitás értékei követik a sorban. A legmagasabb diverzitási értékeket *Poa-Stipa* dominálta, 3. számú vegetációs folt esetében mértünk.



7. ábra. A hajdúszoboszlói Kéthalom három vegetációfoltjának Rényi-féle fajdiverzitási profilja

■: 1. folt (*Elymus*), ●: 2. folt (*Festuca*), ▲: 3. folt (*Poa-Stipa*)

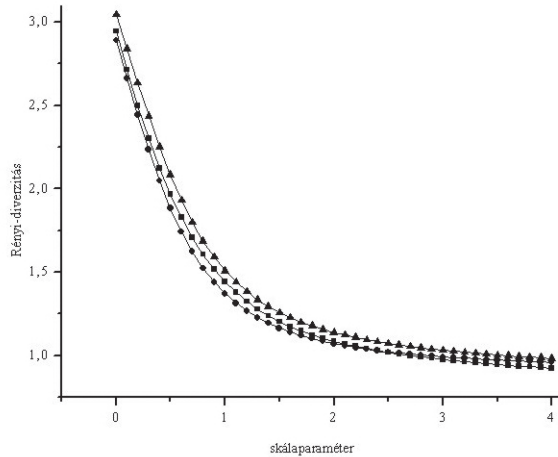
Figure 7. The Rényi type species diversity profile of the three different vegetation habitats of Kéthalom

kurgan (Hajdú-Bihar County, NE Hungary). ■: habitat #1 (dominated by *Elymus*),

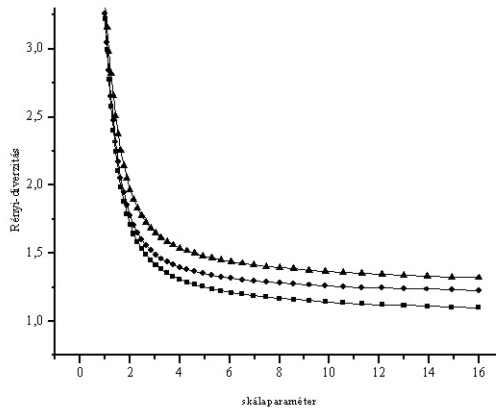
●: habitat #2 (dominated by *Festuca*), ▲: habitat #3 (dominated by *Poa-Stipa*).

A 8. ábra mutatja a löszgyep vegetációfoltjainak fitolit morfortípus-diverzitását olyan analízis esetén, amikor nem vesszük figyelembe az *elongate* morfortípusok mintázatbeli különbségeit. Jól látható, hogy a három görbe közel fut egymáshoz, és nagy skálaparaméternél metszik egymást. Ebből az következik, hogy a tömegesen előforduló morfortípusok esetén (pl. *elongate*) a diverzitások különbsége nem értelmezhető. Ebben az esetben, amikor az *elongate* mintázatok értékelésétől eltekintünk, a fitolitdiverzitási görbék lefutása eltér a fajdiverzitási görbék lefutásától. Az *Elymus* dominálta 1. számú vegetációs folt fitolitkészlet alapján diverzebb, mint a *Festuca*, illetve a *Poa-Stipa* dominálta foltok.

A 9. ábra szemlélteti a löszgyep vegetációfoltjainak fitolit diverzitását olyan analízissel, amikor számolunk az *elongate* morfortípusok mintázatbeli különbségeivel. A 8. ábrával összevetve éles különbség rajzolódik ki: a három görbe kissé távolabb fut egymástól. Kis skálaparaméter értéknél találkoznak, azaz a ritka morfortípusoknál (pl. *elongate* mintázat alapján elkülönített morfortípusai) a diverzitások különbsége nem értelmezhető. A fitolit morfortípus-diverzitási görbék lefutása megegyezik a fajdiverzitási görbék lefutásával, azaz az *elongate* fitolitok morfortípus mintázatbeli különbségeit is figyelembe vevő diverzitás számítás közelebb visz az eredeti fajdiverzitási állapotokhoz.



8. ábra. A hajdúszoboszlói Kéthalom három vegetációfoltjának Rényi-féle fitolitikészlet diverzitási profilja az elongate morfortípusok mintázatkülönbségeinek figyelembevétele nélkül
 ■: 1. folt (*Elymus*), ● 2. folt (*Festuca*), ▲ 3. folt (*Poa-Stipa*)
 Figure 8. The Rényi type phytolith assemblage diversity profile (excluding the ornamentation differences of the elongate LC morphotypes) of the three different vegetation habitats of Kéthalom kurgan (Hajdú-Bihar County, NE Hungary). ■: habitat #1 (dominated by *Elymus*), ●: habitat #2 (dominated by *Festuca*), ▲: habitat #3 (dominated by *Poa-Stipa*).



9. ábra. A hajdúszoboszlói Kéthalom három vegetációfoltjának Rényi-féle fitolitikészlet diverzitási profilja az elongate morfortípusok mintázatkülönbségeinek figyelembevételével
 ■: 1. folt (*Elymus*), ●: 2. folt (*Festuca*), ▲: 3. folt (*Poa-Stipa*)
 Figure 9. The Rényi type phytolith assemblage diversity profile (including the ornamentation differences of the elongate LC morphotypes) of the three different vegetation habitats of Kéthalom kurgan (Hajdú-Bihar County, NE Hungary). ■: habitat #1 (dominated by *Elymus*), ●: habitat #2 (dominated by *Festuca*), ▲: habitat #3 (dominated by *Poa-Stipa*).

Megvitatás

Várakozásainknak megfelelően a pázsitfűvek fitolit produkciója volt kiemelkedő, ahogy ez általánosságban jellemző a Poales rendre (METCALFE 1960, PRYCHID et al. 2004). BLINNIKOV et al. (2013) főként *rondel* és *plate* morfortípusokat talált réti perje kísérleti parcellából származó mintáiban és hasonlóan magas arányban talált hosszú sejteket MORRIS et al. (2009), valamint BLINNIKOV (2005) *Poa secunda* hajtásokban. MORRIS et al. (2009) a megnyúlt formák között éppúgy az egyenlő hosszú, párhuzamos oldalú hosszú sejteket találták leggyakoribbnak az *elongate* formák között, ahogyan a mi vizsgálatainkban is ez igazolódott.

A kovatestek alakja igen változatos a Poaceae családban, a *dumbbell* (súlyzó) és a *cross* (kereszt) alakoktól a kettő közötti átmeneteken át a horizontálisan megnyúlt alakokig, amelyek sima vagy hullámos falúak, és gyakori a *saddle* (nyereg) és a *conical* (kúp) alak is, más egyéb kovatest formák mellett (METCALFE 1960, PONZI és PIZZOLONGO 2003, PRYCHID et al. 2004). Említésre méltó, hogy kereszt alakú és nyereg alakú kovatesteket egyáltalán nem találtunk a vizsgált pázsitfű példányokban, hasonlóan BROWN eredményeihez (1984b). Csak néhány serte (egysejtű szőr) és különösen ezeknek a csúcsa volt megfigyelhető, mert a hosszú, soksejtű trichómák nem jellemzőek ezekre a pázsitfűvekre (METCALFE 1960). Azonban az szintén igaz, hogy a szilíciumtartalom magasabb a serték csúcsában, mint az alapjánál, így a serték csúcsa nagyobb valószínűséggel marad épen a hamuban.

A *bulliform* sejtek gyakorisága alacsony volt, faluk vékonyabb és minden bizonynyal alacsonyabb szilíciumtartalmú a fiatal szövetekben, ezért kevésbé maradandó, mint a többi epidermisz sejt. Ez a különbség valószínűleg a *bulliform* sejtek funkciójával magyarázható. A *bulliform* sejtek lumene a sejtfa rugalmassága révén száraz feltételek között vesztit térfogatából és a levél csövét záródik az adaxiális epidermisz rövidülése miatt, amely a párologtatás és a további vízvesztés ellen hat (ABERNETHY et al. 1998, NAWAZISH et al. 2006). Hasonlóan MORRIS et al. (2009) eredményeihez, csupán néhány *bulliform*, *bilobate* és *papilla* volt megtalálható.

BROWN (1984a, b) és MULHOLLAND (1989) kiterjedt vizsgálatokat végzett észak-amerikai fűveken, és azt állapította meg, hogy bár a TWISS et al. (1969) által bevezetett hármastitolit morfortipizálási kategóriarendszer alkalmazása megállja a helyét, vannak szignifikáns eltérések a várható mintázattól. Ugyanez bizonyosodott be trópusi pázsitfűfajok esetén (PIPERNO és PEARSALL 1998) is. Ez a három részből álló felosztás az általunk vizsgált pázsitfűvekre vonatkozóan is helytállóan bizonyul, mert nyereg morfortípust (amely jellemző Chloridoideae alcsaládban - 1. kategória) és a *bilobate* morfortípust (amely jellemző Panicoideae alcsaládban - 2. kategória) gyakorlatilag egyáltalán nem találtunk. A *rondel-trapeziform* morfortípus gyakorisága viszont magas (amely jellemző a Pooideae alcsaládban - 3. kategória).

A Kéthalom lőszvegetációjának leíró fitolitvizsgálata mellett információt kaptunk arról is, hogy milyen összefüggések mutatkoznak a kunhalom recens vegetációjának diverzitása – azaz a fajdiverzitás –, illetve a növényekben tárolt fitolit morfortípus-diverzitás között. Jelen vizsgálat kontrollált környezetben segít tisztázni, illetve megérteni, hogy hogyan köszön vissza a vegetációban tapasztalt fajdiverzitás a növények fitolitkészletében. Ennek a kapcsolatnak a tisztázása a környezetrekonstrukciós, illetve környezettörténeti vizsgálatok során feltárt fitolitösszletek értékelésében játszik, illetve játszhat ki-

emelkedő szerepet. Ahogyan arra korábban utaltunk, a talajból feltárt fitolit morfortípusok nem minden esetben jeleznek egyértelműen egy bizonyos taxont. Ugyanakkor a formák eloszlása, azaz a fitolit morfortípusok diverzitása információt nyújthat az egykoron tenyészett vegetáció összetettségére és dinamikájára vonatkozóan. A Kéthalom esetében a cönológiai felvételezésekkel megismerhettük a fajdiverzitást, és recens növényeinek fitolitikészletének feltárásával megismerhettük a fitolitik morfortípus diverzitását is.

Az általunk vizsgált Kéthalom felszínén fennmaradt fajban gazdag löszgyep fajainak biogén szilícium tartalma információt ad a növényzet fitolit produktív képességéről. Egyes kétszikű fajoknak magasabb a biogén szilícium tartalma, mint bizonyos pázsitfű fajoknak, viszont a karakterizálható fitolitikészletük alacsonyabb, így adataik nem használhatóak fel a minőségi összehasonlításnál. Ugyanakkor a pázsitfűvek esetében – azok nagyon hasonló epidermális anatómiája miatt – megjelenik a multiplicitás és redundancia, azaz nagyon hasonló morfortípusok keletkezhetnek eltérő taxonokban, azonos anatómiai helyzetben. E probléma részbeni kiküszöbölését is szolgálja az alaktani szempontok alapján végzett fitolit morfortípus-diverzitás vizsgálat.

A vizsgált löszgyep konkrét morfortípusokba osztályozható fitolitikészletében a pázsitfűvek meghatározóak, a kétszikűek biogén szilíciumtartalma kevésbé osztályozható, kevesebb a diagnosztikus morfortípus. Ezzel összhangban van az a diverzitásra vonatkozó eredmény, amely szerint a *Poa-Stipa* dominálta 3. számú vegetációs folt bír a legmagasabb faj-, illetve fitolit morfortípus-diverzitással (vö. 7. és 9. ábra). Ezzel összehasonlítva, az *Elymus* dominálta 1. számú folt, valamint a 2. számú *Festuca* dominálta folt alacsonyabb fitolit morfortípus-diverzitással bír, és emellett csupán egy domináns pázsitfű faj lehetett ezekhez a vegetációs foltokhoz rendelni.

A vegetáció fitolitikészlete és a fajdiverzitás között összefüggés mutatható ki. A diverzitás elemzések tanúsága szerint a nagyobb fajdiverzitású vegetációfoltban a vegetációfoltok fajborítási értékkel súlyozott fitolit morfortípus diverzitása is nagyobb. Célszerű lenne más vegetációtípus hasonló vizsgálataival alátámasztani ide vonatkozó eredményeinket. Az eddigi vizsgálataink azt sugallják, hogy ha a talaj fitolitikészlete hasonlóan alakul a recens növényzetével, a fitolitikészlet diverzitása alapján becsülhető a fajdiverzitás is. Eredményeink szerint a domináns pázsitfű faj(ok) fitolit morfortípus diverzitása meghatározó az adott vegetációfoltban, amely várhatóan a feltalajminták fitolitikészletére is jellemző lesz.

IRODALOM – REFERENCES

- ABERNETHY, G. A., FOUNTAIN, D.W., McMANUS, M.T. 1998: Observations on the leaf anatomy of *Festuca novae-zelandiae* and biochemical responses to a water deficit. *New Zealand Journal of Botany* 36 (1): 113–123.
- ALBERT, R. M., ESTEVE, X., PORTILLO, M., RODRIGUEZ-CINTAS, A., CABANES, D., ESTEBAN, I., HERNANDEZ, F. 2011: *Phytolith CoRe, Phytolith reference collection*. Retrieved Jul 06, 2011, from http://www.gepeg.org/enter_PCORE.html.
- ALBERT, R. M., WEINER, S. 2001: Study of opal phytoliths in prehistoric ash layers using a quantitative approach. In: *Phytoliths: Applications in Earth Sciences and Human History* (Eds.: MEUNIER, J. D., COLIN, F.). A. Balkema Publishers, Netherlands, pp. 251–266.
- BARCZI A., PENSZKA K., JOÓ K. 2004: Alföldi kunhalmok talaj-és növény összefüggés-vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan* 53(1–2): 3–16.
- BARCZI A., SÜMEGI P., JOÓ K. 2003: Adatok a Hortobágy paleoökológiai rekonstrukciójához a Csípő-halom talajtani és malakológiai vizsgálata alapján. *Földtani Közlöny* 131: 421–431.

- BLINNIKOV, M. S., BAGENT, C. M., REYERSON, P. E. 2013: Phytolith assemblages and opal concentrations from modern soils differentiate temperate grasslands of controlled composition on experimental plots at Cedar Creek, Minnesota. *Quaternary International* 287: 101–113.
- BLINNIKOV, M. S. 2005: Phytoliths in plants and soils of the interior Pacific Northwest, USA. *Review of Palaeobotany and Palynology* 135: 71–98.
- BORHIDI A. 2003: Magyarország növényátírásai. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 264–266.
- BROWN, D. A. 1984a: Prospects and limits of a phytolith key for grasses in the Central United States. *Journal of Archaeological Science* 11: 221–243.
- BROWN, D. A. 1984b: Prospects and Limits of a Phytolith Key for Grasses in the Central United States. *Journal of Archaeological Science* 11: 345–368.
- EHRENBERG, C. G. 1854: *Mikrogeologie. Das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbständigen Lebens auf der Erde*. Verlag von L. Voss, Leipzig.
- ÉRI I. 1956: Adatok a kigyópusztai csata értékeléséhez. *Folia Archaeologica* 8: 137–151.
- GARDONYI NAGY G. 1914: A magyarországi halmok kérdéséhez. *Archeológiai Értesítő* 34: 381–398.
- GOLDBLATT, P., HENRICH, J. E., RUDALL, P. 1984: Occurrence of crystals in Iridaceae and allied families and their phylogenetic significance. *Annals of Missouri Botanical Garden* 71: 1013–1020.
- HODSON, M. J., WILLIAMS, S. E., SANGSTER, A. G. 1997: Silica deposition in the needles of the Gymnosperms. I. Chemical analysis and light microscopy. In: *The state-of-the-art of phytoliths in soils and plants* (Eds.: PINILLA A., JUAN-TRESSERRAS J., MACHADO M. J.). Centro de Ciencias Medioambientales. CSIC Monographias Monografias 4., pp. 135–146.
- HORVÁTH F., DOBOLYI Z. K., MORSCHHAUSER T., LÓKÖS L., KARAS L., SZERDAHELYI T. 1995: *FLÓRA adatbázis 1.2*. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót.
- JÓSA A. 1897: Szabolcsmegyei őshalmok. *Archeológiai Értesítő* 17: 318–325.
- JUGGINS, S. 2007: *C2 Version 1.5 User guide. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualisation*. Newcastle University, Newcastle upon Tyne, UK, 73 pp.
- KRECSMARIK E. 1922: Az alföldi halmok eredete. *Természettudományi Közlöny* 54: 308–309.
- LINDSTROM, L. I., BOO, B. M., MUJICA, M. B., LUTZ, E. E. 2000: Silica bodies in perennial grasses of the southern District of the Calden in central Argentina. *Phyton-International Journal of Experimental Botany* 69: 127–135.
- MADELLA, M., ALEXANDRE, A., BALL, T. 2005: International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of Botany* 96(2): 253–260.
- MADELLA, M., LANCELOTTI, C., OSTERRIETH, M. (Eds.) 2012: Comprehensive perspectives on phytolith studies in Quaternary research. *Quaternary International* 287: 180.
- MERCADER, J., ASTUDILLO, F., BARKWORTH, M., BENNETT, T., ESSELMONT, C., KINYANJUI, R., GROSSMAN, D. L., SIMPSON, S., WALDE, D. 2010: Poaceae phytoliths from Niassa Rift, Mozambique. *Journal of Archaeological Science* 37: 1953–1967.
- MERCADER, J., BENNETT, T., ESSELMONT, C., SIMPSON, S., WALDE, D. 2009: Phytoliths in woody plants from the Miombo woodlands of Mozambique. *Annals of Botany* 104(1): 91–113.
- METCALFE, C., R. 1960: *Anatomy of the Monocotyledons I. Gramineae*. Oxford University Press, London, 731 pp.
- MISKOLCZY K. 1864: A magyar alföldi halmokról. *Vasárnapi Újság* 11: 23.
- MÓRA F. 1906: Ásatás a szeged-öttömösi Anjou-kori temetőben. *Archeológiai Értesítő* 26: 18–27.
- MORRIS, L. R., BAKER, F. A., MORRIS, C., RYEL, R. J. 2009: Phytolith types and type-frequencies in native and introduced species of the sagebrush steppe and pinyon-juniper woodlands of the Great Basin, USA. *Review of Palaeobotany and Palynology* 157(3–4): 339.
- MULHOLLAND, S. C. 1989: Phytolith shape frequencies in North Dakota Grasses: A comparison to general patterns. *Journal of Archaeological Science* 16: 489–511.
- NAGY A., ORCI K. M., RÁCZ I. A., VARGA Z. 2007: Hazai gyeptípusok egyenesszárnyú. In: *A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása. A Kárpát medence állattani értékei és faunájának kialakulása* (szerk.: FORRÓ L.). Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 349–356.
- NAWAZISH, S., HAMEED, M., NAURIN, S. 2006: Leaf anatomical adaptations of *Cenchrus ciliaris* L. from the Salt Range, Pakistan against drought stress. *Pakistan Journal of Botany* 38(5): 1723–1730.
- PEARSALL, D. M. 2000: *Paleoethnobotany. A Handbook of Procedures*. Academic Press, London.
- PENKSZA, K., JOÓ, K., NAGY, A., HERCZEG, E. 2011b: Evaluation of vegetational changes in the natural vegetation cover of kurgans (Csípő- and Kántor-kurgan) In: *Kurgan Studies: An environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone* (Eds.: PETŐ, Á., BARCZI, A.). British Archaeological Reports International Series 2238, Archaeopress, Oxford, pp. 339–345.

- PENKSZA, K., KISS, T., HERCZEG, E., NAGY, A., MALATINSZKY, Á. 2011a: Anthropogenic impacts and management of natural grasslands on kurgans. In: *Kurgan Studies: An environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone* (Eds.: PETŐ, Á, BARCZI, A.). British Archaeological Reports International Series 2238, Archaeopress, Oxford, pp. 329–338.
- PENKSZA, K., LOKSA, G., BARCZI, A., MALATINSZKY, Á. 2011c: Effects of extrazonal and climatic conditions on the vegetation of kurgans. A pilot study from the Hortobágy (Csípő-halom). In: *Kurgan Studies: An environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone* (Eds.: PETŐ, Á, BARCZI, A.). British Archaeological Reports International Series 2238, Archaeopress, Oxford, pp. 347–350.
- PETŐ Á. 2011a: A fitolitkutató, mint a régészeti növénytan kutatások egyik eszköze az ember-növény kapcsolatok feltárásában. In: *Környezettörténet 2. Környezeti események a honfoglalástól napjainkig történeti és természettudományi források tükrében* (szerk.: KÁZMÉR M.). Hantken Kiadó, Budapest, pp. 265–281.
- PETŐ Á. 2011b: Fitolitelemzés – terpi mintavételi módszerek a régészet szolgálatában. In: *Régészeti Kézikönyv* (szerk.: MÜLLER R.). Magyar Régész Szövetség, Budapest, 467–488.
- PIPERNO, D. R. 1988: *Phytolith Analysis: An archeological and Geological Perspective*. Academic Press-Harcourt Brace Jovanovich Publishers, San Diego.
- PIPERNO, D. R. 2006: *Phytoliths. A Comprehensive Guide for Archaeologists and Palaeoecologists*. Altamira Press, New York.
- PONZI, R., PIZZOLONGO, P. 2003: Morphology and distribution of epidermal phytoliths in *Triticum aestivum* L. *Plant Biosystems* 137(1): 3–10.
- PRYCHID, C. J., RUDALL, P. J., GREGORY, M. 2004: Systematics and biology of silica bodies in 999 Monocotyledons. *The Botanical Review* 69(4): 377–440.
- RÁKÓCZI A, BARCZI A. 2014: Védett tájlemek az Európai Unióban, a 73/2009 EK rendelet határai a magyar kunhalmok állapotára. *Tájökológiai Lapok* 12(1): 95–105.
- RÓMER, F. 1878: Résultats Généraux du Mouvement Archéologique en Hongrie. Congrès International D'Anthropologie et D'Archéologie Préhistoriques. Comte-Rendu de la Huitième Session á Budapest, 1876: 103–187.
- ROVNER, I., RUSS, J. C. 1992: Darwin and design in phytolith systematics: Morphometric methods for mitigating redundancy. In: *Phytolith Systematics: Emerging Issues* (Eds.: RAPP, G. R. Jr., MULHOLLAND, S. C.). Plenum Press, New York, pp. 253–276.
- RUDALL, P. J.: 1994. Anatomy and systematic of Iridaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 114: 1–21.
- SANGSTER, A. G., WILLIAMS, S. E., HODSON, M. J. 1997: Silica deposition in the needles of the Gymnosperms. II Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis. In: *The state-of-the-art of phytoliths in soils and plants* (Eds.: PINILLA A., JUAN-TRESSERRAS, J., MACHADO, M. J.). Centro de Ciencias Medioambientales. CSIC Monografias 4:135–146.
- SELMECZI, L. 1971: Angaben und Gesichtspunkte zur archäologischen Forschung nach den Kumanen im Komitat Szolnok. Móra Ferenc Múzeum Évkönyve 2: 187–197.
- SIMON T. 2000: *A Magyarországi edényes flóra határozója*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- SÜMEGI P., KOZÁK J., TÓTH Cs. 1998: Tiszapolgár Csőszhalom régészeti lelőhely geoarcheológiai vizsgálatai. I. Részjelentés a Déry Múzeum számára. Debrecen, pp. 5–6.
- SZABÓ J. 1868: Újabb kutatásaim eredménye a halmok körül. *MTA Értesítője* 2: 195–198.
- SZABÓ, K. ZS., PAPP, M., DARÓCZI, L. 2006: Ligule morphology and anatomy of five *Poa* species. *Acta Biologica Cracoviensia* 48(2): 83–88.
- TARICZKY E. 1906: A Tiszavidéki hun földpyramis-halmok ismertetése. Eger, pp. 7–45.
- TÓTH A. 1988: Szolnok megye tiszántúli területeinek kunhalmjai. Zounuk - A Szolnok Megyei Levéltár évkönyve 3., pp. 349–410.
- TÓTH A., TÓTH Cs. 2003: Kunhalmok állapotfelmérése a Hortobágy déli pusztáin és a szomszédos hajdúsági területeken. In: *Tisza-völgyi tájváltozások* (szerk.: TÓTH A.). Kisújszállás, pp. 95–111.
- TÓTH Cs. 1999: Kunhalmok állapotfelmérése a Büte-halom példáján. In: *A táj változásai a Kárpát-medencében* (szerk.: FÜLEKY Gy.). GATE, Gödöllő, pp. 37–40.
- TÓTHMÉRÉSZ, B. 1995: Comparative analysis of different methods of diversity orderings. *Journal of Vegetation Science* 6: 283–290.
- TWISS, P. C., SUESS, C. E., SMITH, R. M. 1969: Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Science Society of America Proceedings* 33: 109–115.
- WILDING, L. P., SMECKY, N. E., DREES, L. R. 1977: Silica in soils: Quartz, cristobalite, tridymite and opal. In: *Minerals in Soil Environments* (Eds.: DIXON, J. B., WEED, S. B.). Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp. 471–552.

PHYTOLITH MORPHOTYPE DIVERSITY OF THE LOESS VEGETATION
OF THE KÉTHALOM KURGAN (HAJDÚSZOBOSZLÓ, NE-HUNGARY)

Zs. Lisztes-Szabó¹, H. Kiss¹, Sz. Kovács¹, A. Molnár² and Á. Pető³

¹Debrecen University, Department of Agricultural Botany, Crop Physiology and Biotechnology, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, University of Debrecen, Böszörményi út 138., Debrecen, H-4032, Hungary; e-mail: szabozs@agr.unideb.hu

²Hortobágy National Park Directorate, Sumen utca 2., Debrecen, H-4002, Hungary

³Hungarian National Museum, National Heritage Protection Centre, Laboratory for Applied Research, Budapest, Daróci út 3., H-1113, Hungary

Accepted: 10 October 2014

Keywords: kurgan, phytolith, loess vegetation, species diversity, phytolith morphotype diversity

Kurgans (burial mounds) are characteristic and significant natural and cultural heritage features of the Hungarian Great Plain. In many cases, original steppe vegetation can be found on the surface of these formations, where they survived the intensification of agriculture. As intact habitats these formation provide an exceptional botanical opportunity. For the examination of the diversity and phytolith assemblage of the steppe vegetation the Kéthalom kurgan (Hajdú-Bihar County, NE Hungary) was selected. Based on the vegetation mapping three different habitats were delineated on the surface of the kurgan. Within these habitat types 3-3 quadrates each were sampled. Altogether 27 plant species were identified in the three different habitat types, and all of these were subjected to phytolith recovery. We determined the biogenic silica content (bSi) of these species by applying the dry ashing method. The phytolith assemblage of these species was described. Altogether 19 different morphotypes were detected within the dycotyledonous taxa, and 25 different morphotypes within the Gramineae taxa. Nine morphotypes were only found in the dycotyledonous assemblage, whilst 16 phytolith morphotypes could have only been affiliated with the grass species. The proportion of the bulliform cells was lower in the plant ash than it was expected priori. Relation between the species and phytolith morphotypes diversity is assumed. The dominance of the grass species can be detected in the overall phytolith diversity of the vegetation. The possibility of applying phytolith morphotype diversity studies in palaeoecological and archaeobotanical is briefly discussed.

