



SZENT ISTVÁN EGYETEM

**A MAGYARORSZÁGON ELŐFORDULÓ MEGHATÁROZÓ
JELENTŐSÉGŰ ÉS GYAKORI TALAJTÍPUSOK
FITOLITPROFILJÁNAK KATASZTERE**

Doktori értekezés tézisei

Pető Ákos

**Gödöllő
2010**

**A doktori iskola
megnevezése: Környezettudományi Doktori Iskola**

tudományága: Környezettudomány

**vezetője: Prof. Dr. Heltai György, D.Sc.
egyetemi tanár, MTA doktora
Szent István Egyetem
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Kémia és Biokémia Tanszék**

**témavezetője: Dr. Barczy Attila, Ph.D.
egyetemi docens
Szent István Egyetem
Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet
Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék**

**külső konzulense: Dr. Alexandra A. Golyeva, D.Sc.
tudományos főmunkatárs
Orosz Tudományos Akadémia
Földrajztudományi Kutatóintézet**

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

Előzmények

A Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézetében folytatott tájökölógiai és őskörnyezettani, illetve paleotalajtani vizsgálatok során célul tűztük ki, hogy a természet- és tájvédelmi szempontból értékes, valamint a mezőgazdasági és földhasználati szempontból jelentős talajtípusokat kiválasztva, meghatározzuk azok fitoliteloszlását, feltérképezzük azok fitolitikus jellegét, amely alapján elkészíthető egy olyan kataszter jellegű, határozókulcsként is funkcionáló adatbázis, amely viszonyítási alapként szolgál későbbi őskörnyezettani kutatásokban. A vizsgálatban szereplő talajtípusok mindegyikénél természetközeli állapotú (potenciális vegetáció) és a típusra leginkább jellemző művelési ág (pl.: szántó, gyepek, erdők) alatti szelvények egyidejű megmintázását tűztük ki célul. Elképzelésem szerint ennek nyomán értelmezhetővé, magyarázhatóvá válnak a régészeti és őskörnyezettani kultúrrétegek és paleotalajok szelvényeinek fitoliteloszlási görbéi.

A téma aktualitása

A növényi opálszemcsék, azaz fitolitok, 1800-as évek első harmadában történt felfedezése óta a fitolitelemzés mára önálló tudományterületté nőtte ki magát, és bebizonyította, hogy a módszer segítségével újszerű, más tudományos eszközökkel hozzá nem férhető ismereteket nyerhetünk a természetes környezet, valamint az ősi társadalmak és az őket körülvevő világ kapcsolatáról.

Ennek egyik ékes bizonyítékeként, a vezető tudományos folyóiratok közül is talán legtöbbször tartott *Science* hasábjain – az 1960-as évek végétől kezdve időről-időre – jelennek meg olyan átütő eredményeket bemutató dolgozatok, amelyek a környezet régészet témaköréből merítve új, a növényi opálszemcsék kutatási eredményeire támaszkodó bizonyítékokkal szolgálnak abszolút kormeghatározási módszerek (WILDING, 1967), vagy éppen egyes növény fajok természetbe vételének és módjának időpontjával kapcsolatban (PEARSALL, 1978; PIPERNO és STOTHERT, 2003).

Az archaeo- és palaeo-etnobotanika tudományának eszközei között sok olyan természettudományos módszert ismerünk, amelyet hazánkban is rutinszerűen alkalmaznak a környezetrekonstrukciós és őskörnyezettani elemzések során. Előfordulnak azonban esetek, amikor – adott környezeti tényezőknek köszönhetően – nem marad az utókorra szerves növényi maradvány, amelyből 'kiolvashatnánk' ember és növény kapcsolatát, valamint az egykori természetes környezet jellemzőit. Részben ennek felismerése irányította a kutatók figyelmét az fitolitelemzés világa felé.

A növények epidermiszében keletkező opálszemcsék anyagi tulajdonságainak köszönhetően rendkívül hosszú időn át képesek ellenállni a környezeti hatásoknak, éppen ezért akár a mezozoikumig visszamenően felhasználhatóak az egykori környezet egyes ökológiai aspektusainak megértéséhez (PRASAD *et al.*, 2005). CHARLES LYELL XIX. századi brit geológus munkássága

nyomán kibontakozó geoarchaeológia tudománya, valamint a biológia tudományos eszköztárát felhasználó bioarchaeológia egyaránt a fitolitelemzés határmezsgyéjének tekinthető, hiszen alapvetően ökológiai jellegű, az egykori növényzetre vonatkozó ismereteket közvetít, egy szervesen anyagokból felépülő anyagcsere termék. Mindemelllett a fitolitelemzéssel nyert adatokat az esetek jelentős részében a talajképződési folyamatokkal együttesen lehet csak értelmezni. Ez a komplexitás eredményezte, hogy a fitolitelemzés módszeréhez a tudományterület története folyamán mindig egy már kialakult diszciplína irányából közelítettek (vö.: geológia, régészet, botanika). Az inter- és multidiszciplináris kutatások virágkorában azonban a ma tendenciája az, hogy a fitolitelemzést beemelik a geo-archaeológiai és/vagy bioarchaeológiai módszerek sorába, és az együttes vizsgálatok kiegészítő jellegére támaszkodva születnek új tudományos eredmények, a régészet és a természettudományok együttműködésének sikerét bizonyítva.

A növényi opálszemcse-együttes, a talajban történő felhalmozódás révén, a felszínt benépesítő növényvilág lenyomatát adja. Egy adott vegetációra jellemző fitolitegyüttes jellegét elsődlegesen az őt létrehozó növényzet befolyásolja, ugyanakkor a növényi opálszemcsék talajban alkotott mintázatát másodlagosan befolyásoló talajképző tényezők figyelembe vétele legalább annyira fontos a környezetrekonstrukciós és ősnövénytani elemzésekben.

Célkitűzések

A fent említettek fényében, értekezésemben arra teszek kísérletet, hogy a hazánkban meghatározó jelentőségű és gyakori talajtípusokat görcső alá véve jellemezzem azok fitolitkészletét, és egy olyan kataszter jellegű adatbázist kezdek meg, amely a talajtani folyamatok szerepére is hangsúlyt helyez a fitolitelemzés folyamán.

A fent említett cél érdekében 20 talajszelvény talajtani jellemzése mellett, megadom a vizsgálati réteg fitolitvizsgálati adatait (leíró rész), a talajképződési folyamatok és események fényében elemzem az egyes fitolitprofilokat, valamint adott talajtípusra és a típus által megjelenített növényzeti képre diagnosztikusnak tekinthető növényi opál morfortípusok leválogatását is megkísérlem (elemző rész).

Céлом továbbá, hogy a fitolit morfortípus-diverzitás fogalmának bevezetésén keresztül egy olyan indikátor kialakítására tegyek javaslatot, amelyet a leíró jellegű adatok felhasználása mellett fel lehet használni a régészeti talajtani és történeti ökológiai elemzések folyamán is.

A mintaszelvények kiválasztásának logikája

Értekezésemben összesen 7 főtípus, 20 szelvényét dolgozom fel. A vizsgálati helyszínek körét – elsődlegesen – természetföldrajzi és talajtani megfontolások alapján szűkítettem le (STEFANOVITS, 1963). A címben foglaltak alapján mintavételezésre kerültek a legnagyobb területi kiterjedéssel rendelkező főtípusok és azok legelterjedtebb típusai. A terepbejárásokat irodalmi és térképi adatok feltárása előzte meg, amelynek során egy adott típus lehetséges helyét több felszínborítás, illetve művelési ág alatt is vizsgáltuk. A célterületek lehatárolását követően a terepbejárások alkalmával több próbaszelvényt vettünk fel. A próbaszelvényeket Pürckhauer-féle talaj szűrőbot segítségével – ahol a geomorfológiai sajátosságok lehetővé tették katénában – elvégzett térképező fúrások (FINNERN, 1994) során vizsgáltuk. A helyszíni leírás és terepszemle, illetve több esetben a megelőző talajtani alapvizsgálatok elvégzése után szűkítettük a feldolgozandó talajtípusok körét a dolgozatban szereplő 20 szelvényre

Mintaszelvények helyszíni leírásának módszere

A helyszíni leírást a Talajinformációs és Monitoring Rendszer (TIM MÓDSZERTAN, 1995), az MSZ 1398:1998 számú szabvány, illetve SZABOLCS (1966) által lefektetett terepi metodika alapján valósítottam meg. A szelvények leírásához használt helyszíni talajvizsgálati jegyzőkönyvet annak formai és tartalmi megtartása mellett a TIM Módszertanban (1995) szereplő ajánlások és kódrendszer alapján használtam. A helyszíni jegyzőkönyvek digitális változatát a TIM Módszertanban szereplő rövidítések figyelembe vételével véglegesítettem

Talajmintavétel módszertana talajtani alapadatokhoz

A szelvénynyitás és mintázás az MSZ 1398:1998 számú szabványban felsorolt kritériumok alapján történt.. Jelen dolgozatban értékelt 20 talajszelvényből összesen 67 db átlagminta került begyűjtésre és feldolgozásra.

Talajmintavétel módszertana fitolitelemzéshez

A kipreparált metszeten a vonatkozó módszertani kézikönyvek (PEARSALL 2000, PIPERNO 1988) által is javasolt ún. folyamatos oszlopmintázással (kontinuus-vertikális) gyűjtöttem talajanyagot a növényi opálszemcsék feltárásához. A mintavételi pontsűrűség (intervallumok) kialakításánál elsődlegesen az adott szelvény genetikai szintjeinek a mélységét és textúráját vettem figyelembe.

Talajtani alapadatok laborálásának módszerei

A dolgozatban bemutatott 20 szelvény genetikai talajszintjeinek mintáiból az alábbi mérési adatok állnak rendelkezésre: a) kémhatás (MSZ-08-0206/2-78) (pH [H₂O, KCl]); b) szénsavas mésztartalom (MSZ-08-0206/2-78) (CaCO₃%); c) humusztartalom (MSZ-08-0452-80); szerves széntartalom (MSZ-08-0210-77) (TOC%); d) Arany-féle kötöttség (MSZ-21470/51-83) (K_A); e) mechanikai összetétel (MSZ-08-0205-78). Bizonyos szelvények esetében az összes vízdoldható só- (MSZ-08-0206/2-78) (só%), illetve teljes foszfortartalmat (MSZ-08-1933-12: 1986) (P_{összes}) is megadtam.

Fitolit feltárás módszertana

A növényi opálszemcséket a talajanyagból egy több lépcsős szeparálási folyamatban tártam fel, a mátrix agyag-, homok-, vályog- és szervesanyag-tartalmának elválasztásával. A vizsgálatokban használt labor protokollt GOLYEVA (1997) és PEARSALL (2000) nyomán módosítva alkalmaztam.

Az alkalmazott fitolit nevezéktan és osztályozási rendszer

A nemzetközi fitolit nómenklatúra (International Code for Phytolith Nomenclature) (MADELLA *et al.*, 2005) segítségével az egyes növényi opálszemcséket (legfeljebb) három jelzővel, illetve azok kombinációival neveztem meg:

- *deskriptor 1.*: pontos alak kettő- (2D), vagy háromdimenziós (3D) jelző segítségével;
- *deskriptor 2.*: textúra, illetve felszíni mintázat az ICPN listában szereplő jelzők segítségével,
- *deskriptor 3.*: a fitolit növényanatómiai származása, amennyiben az egyértelmű és kétséget kizáróan eldönthető.

A növényi opálszemcsék indikátor szerepének ellenőrzésére és felülvizsgálatára a Golyeva-féle közép-kelet-európai, tipológiai megközelítést alkalmazó osztályozási rendszert is segítségül hívtam.

Fitolit határozás, számolás, adatfelvétel és adatfeldolgozás módszertana

Az egyes szelvények fitolitadatait C2 paleoökológia adatfeldolgozó és statisztikai szoftverbe (JUGGINS, 2007) illesztettem, amely alkalmas az ún. fitoliteloszlási görbe megszerkesztésére. A fitolit alapadatok korrespondencia (CA) és főkomponens elemzéssel (PCA) történő statisztikai feldolgozásához a PAST program csomagot használtam (HAMMER *et al.*, 2001).

Eredmények

Értekezésemben Magyarország meghatározó jelentőségű és gyakori talajtípusainak szisztematikus fitolitvizsgálati tapasztalatait és eredményeit mutatom be. Feldolgoztam a rendelkezésre álló fitolitikutatással foglalkozó angol, német, orosz és spanyol nyelvű szakirodalom jelentékeny hányadát annak érdekében, hogy betekintést nyújtsak – a hazánkban eddig csak elszórtan alkalmazott – tudományterület fejlődéstörténetébe, valamint az egyes iskolák osztályozási törekvéseibe. A fitolitvizsgálati eredményeket és az azokból következő megállapításokat 14 különböző kistáj 20 talajszelvényén keresztül elemeztem.

A 20 vizsgálati szelvény 7 főtypust (váz- és közethatású talajok, barna erdőtalajok, csernozjom talajok, szikések, réti, valamint öntéstalajok), azon belül összesen 17 különböző talajtípust foglal magában. A talaj-fitolit kataszter alapjainak lefektetéséhez egy, a talajtanban alkalmazott standard leíró rendszertől, a rétegmintákkal jellemzett fitolitprofil típusok jellemzéséig terjedő módszertani lépéssorozatot dolgoztam ki, és alkalmaztam a 20 vizsgálati szelvényre. A kutatási munka főcéljaként megfogalmazott talaj-fitolit adatbázis megalapozásához az alábbi főbb munkafázisokat valósítottam meg:

1) Természet- és növényföldrajzi adatok, helyszíni megfigyelések, valamint 67 db átlagminta talajfizikai és talajkémiai alapadatainak segítségével jellemeztem a kiválasztott 20 db talajszelvényt és környezetüket (*1. táblázat*).

1. táblázat: A mintavételi szelvények genetikai talaj osztályozás szerinti besorolása és táji elhelyezkedése

Főtypus ¹	Típus ²	TIM kód ²	Munka kód	Táji elhelyezkedés ³	WGS '84 koordináták
Váztalajok	Köves, sziklás váztalaj	010	PA03	Vértes peremvidéke	47°22'12.04" 18°25'36.57"
	Humuszos homoktalaj, karbonátos	051	PA18	Kiskunsági-homokhát	47°05'26.46" 19°22'42.39"
			PA19		47°05'20.65" 19°22'48.00"
			PA20		47°06'00.57" 19°23'44.14"
Közethatású talajok	Ranker (gránit)	091*	PA08	Velencei-hegység	47°14'12.09" 18°31'52.32"
	Ranker (gneisz)		PA12	Soproni-hegység	47°39'59.02" 16°34'03.74"
Barna erdőtalajok	Ramann-féle barna erdőtalaj, típusos	131	PA07	Gödöllői-dombság	47°27'23.15" 19°20'54.20"
	Ramann-féle barna erdőtalaj, rozsdabarna	132	PA09	Fertőmelléki-dombság	47°42'14.24" 16°37'40.14"
	Agyagbemosódásos barna erdőtalaj, nem podzolos	112	PA01	Bakonyi kismencedék	47°13'00.10" 17°47'26.30"
			PA11	Soproni-hegység	47°39'57.07" 16°34'37.61"
	Erősen savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj	090	PA13		

1. táblázat folytatása

Csernozjom talajok	Kilúgzott csernozjom	180	PA16	Cserhátalja	47°41'25.59" 19°36'25.93"
	Terasz csernozjom, nem karbonátos	212	PA24	Észak-magyarországi-medencék	47°41'45.31" 19°40'09.06"
	Meszes, vagy mészlepedékes csernozjom, alföldi	192	PA25	Csanádi-hát	46°21'58.08" 20°58'08.74"
Szikes talajok	Sztyeppesedő réti szolonyec, közepes	251	PA21	Hortobágy	47°34'37.93" 21°14'09.63"
	Szolonyeces réti talaj ¹	242	PA06	Csongrádi-sík	46°24'07.15" 20°39'05.27"
Réti talajok	Réti talaj, mélyben sós	303	PA22	Hortobágy	47°34'01.43" 20°58'53.27"
	Öntés réti talaj, karbonátos	311	PA14	Kalocsai-sárköz	46°44'37.51" 19°01'47.03"
Öntéstalajok	Humuszos öntéstalaj, réti öntés	395	PA15		46°44'17.17" 19°02'43.60"
	Humuszos öntéstalaj, nem karbonátos, többretegű	394	PA23	Tiszafüred-Kunhegyesi-sík	47°38'59.62" 20°44'17.57"

¹ STEFANOVITS *et al.* (1999) nyomán; ² TIM MÓDSZERTAN (1995) nyomán; ³ MAROSI és SOMOGYI (1999) alapján

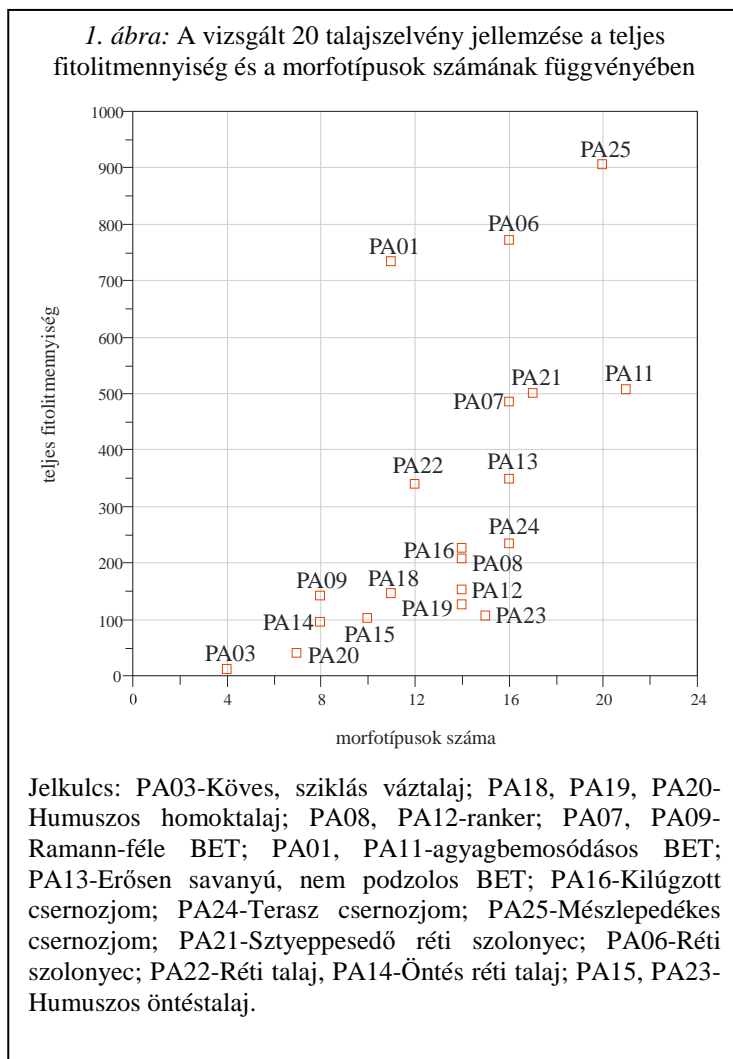
* ranker talaj: ÚTMUTATÓ (1988) besorolása alapján Közép- és Délkelet-Európa BET, erősen savanyú, nem podzolos (090) barna erdőtalajainak egyik altípusa (091). STEFANOVITS *et al.* (1999) besorolása alapján közethatású talajok főtipusának ranker típusa

2) 117 fitolitelemzés céljából gyűjtött rétegmintában meghatározott 6153 db növényi opálszemcse (fitolit) segítségével megadtam az egyes szelvényekre jellemző fitoliteloszlási alapadatsorokat, amely adatbázis a további, paleoökológiai kutatásokban felhasználni kívánt talaj-fitolit határozókulcs alapját jelentheti. A 45 növényi opálszemcse morfortípust a nemzetközi szabványoknak megfelelően (ICPN) neveztem el és adtam meg részletes leírásukat.

3) A kutatás folyamán kialakított kritériumrendszernek megfelelő talajok esetében megrajoltam a vizsgálati réteg fitoliteloszlási profilját. A rétegminták morfortípus-összetétele alapján megszerkesztett eloszlási görbék lehetővé tették az egyes szelvények talajfejlődésével kapcsolatos történeti információk kiértékelését.

4) A Shannon-Weiner és Simpson diverzitási indexek metodikája alapján a talajok morfortípus-diverzitásán keresztül értékeltem az egyes szelvények által megjelenített növénytakaró és társulástípus fitolitiképzési potenciálját. A morfortípus-diverzitás elemzés alapján kísérletet tettem az antropogén hatások eredményeképpen a fitolitspektrumban és eloszlásban fellépő változások detektálására.

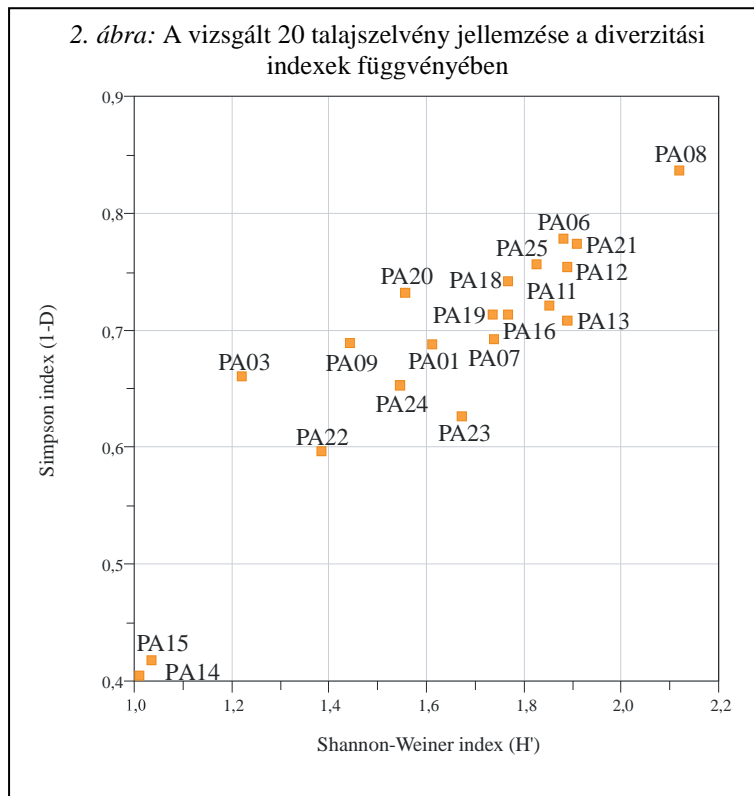
A 1. ábra szemléletesen mutatja be, hogy az egyes szelvényekben milyen viszonyban áll egymással a teljes vizsgálati rétegre vonatkoztatott fitolitmennyiség (n), illetve a morfortípusok száma (p). A grafikon bal alsó negyedében elhelyezkedő szelvények alacsony összesített fitolittartalommal és viszonylagos morfortípus-szegénységgel jellemezhetőek. Az itt elhelyezkedő talajok szinte mindegyike gátolt biológiai aktivitással jellemezhető, és nyugodt, stabil vegetációfejlődési fázisoktól mentes területeken (közethatású talajok, váz- és öntéstalajok) fejlődtek, így a fitolitok hiánya nem feltétlenül a növényzetet minősíti, hanem externális talajpusztító hatásokra is visszavezethető.



A grafikonon jobbra és felfele haladva a vizsgálatban magas fitolittartalmat és viszonylagos morfortípus-gazdagságot mutató szelvények helyezkednek el. Ezek elsősorban a stabil szukcessziós soron fejlődő – klimax társulás alatt felvett – típusok. Itt található több barna erdőtalaj, illetve a magas biomassza produkciójú füves élőhelyek talajai (szikék és csernozjomok). A vizsgálat során a legtöbb morfortípust a soproni-hegységi agyagbemosódásos barna erdőtalaj ($p_{PA11} = 21$), míg a legmagasabb fitolitmennyiséget a battonyai mészlepedékes csernozjom szolgáltatva ($n_{PA25} = 906$). A középmezőnyben elhelyezkedő szelvényekben átlagosan 200 és 500 növényi opálszemcsét, valamint 12 és 18 közötti morfortípuszámot mértem.

Az elvégzett mérések alapján a felsorolt élőhelyek közül a PA08-as ranker talajhoz kapcsolódó nyílt szilikát-sziklagyep (*Inulo – Festucetum pseudodalmaticae*) társulást értékelhetjük a leggazdagabb fitolitmorfortípus képzőnek (2. és 3. ábra). Ugyanakkor nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy ennek a szelvénynek az esetében sikerült extralokális hatásokat is kimutatni, amely közelben élő fás szárú fajok fitolitjainak megjelenésében volt tetten érhető. Annak fényében, hogy a gyepek és zárt erdei társulások is közel azonos helyen, egy csoportban helyezkednek el kijelenthető, hogy mind a pázsitfűfajok dominálta, mind a fás szárúak dominálta élőhelyekhez kötődő talajok

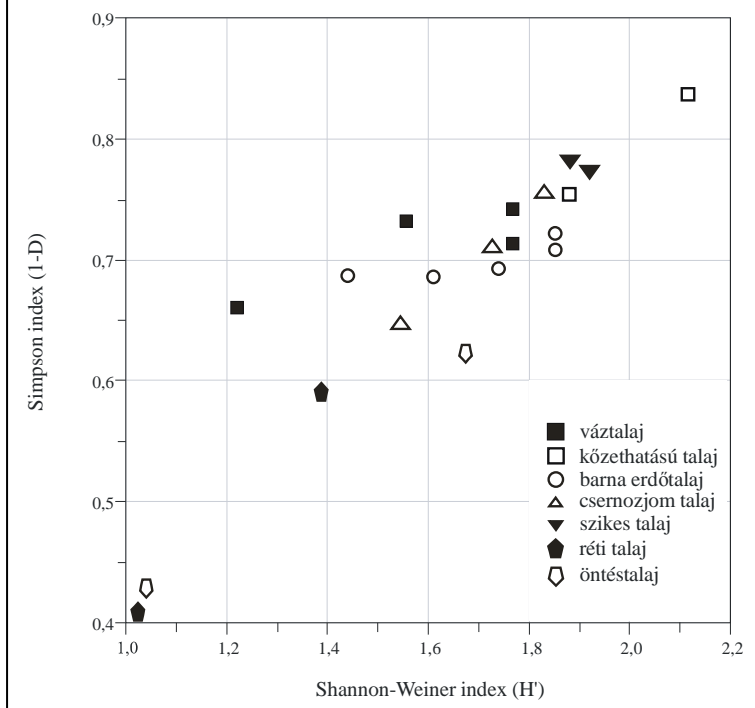
produkálhatnak magas morfortípus-diverzitást. Ebből következően, csak a morfortípus-diverzitás, mint kvantitatív mérőszám alapján nehéz különbséget tenni a fás, illetve lágyszárú vegetáció által uralt élőhelyek között, hiszen az eltérések minimálisak. (Az elemzések elkészítésénél a kvalitatív és kvantitatív jellemzőket egyaránt figyelembe kell venni.) Ugyanakkor ki kell emelni, hogy azt is, hogy a szikesek és bolygatatlan csernozjomok által képviselt élőhelyek (ürmös szikes puszták – *Artemisio-Festucetum pseudovinae*, füves szikes puszták – *Achilleo-Festucetum pseudovinae* és löszpusztarét – *Salvio-Festucetum rupicola*) enyhén magasabb értékekkel jelentkeznek az erdeiekhez képest.



Az elmondottakra alapozva a talajok ilyen irányú elemzésekor három típus elkülönítése mutatkozik célszerűnek. Az első típus, amelyik esetében a természetes (pl.: kolluviális hatás – PA08, többévtű területhasználatból adódó vegetációváltások – PA01) és mesterséges hatások eredményeképpen növekedik a fitolitik és a morfortípusok száma, tehát a természetes fejlődési folyamathoz képest fitolittöbblet jelentkezik. Véleményem szerint ebben az esetben mikrokörnyezeti szinten mozogva (részleges) üledékgyűjtő funkcióról

beszélhetünk. A fejlődési sor egészét tekintve a szelvény morfortípus-diverzitása az emberi beavatkozás eredményeképpen ellentétes irányban változik a recens vegetáció fajdiverzitásához képest, hiszen minden újabb flóraelem jó eséllyel fitolit morfortípus többletet okoz. Így tehát a változatos múltú és akkumulatív térszíni pozícióban lévő talajok esetében várható a legtöbb fitolit morfortípus és a legmagasabb diverzitás.

3 ábra: A vizsgálati szelvények fő típus szerinti megoszlása a diverzitás indexek függvényében



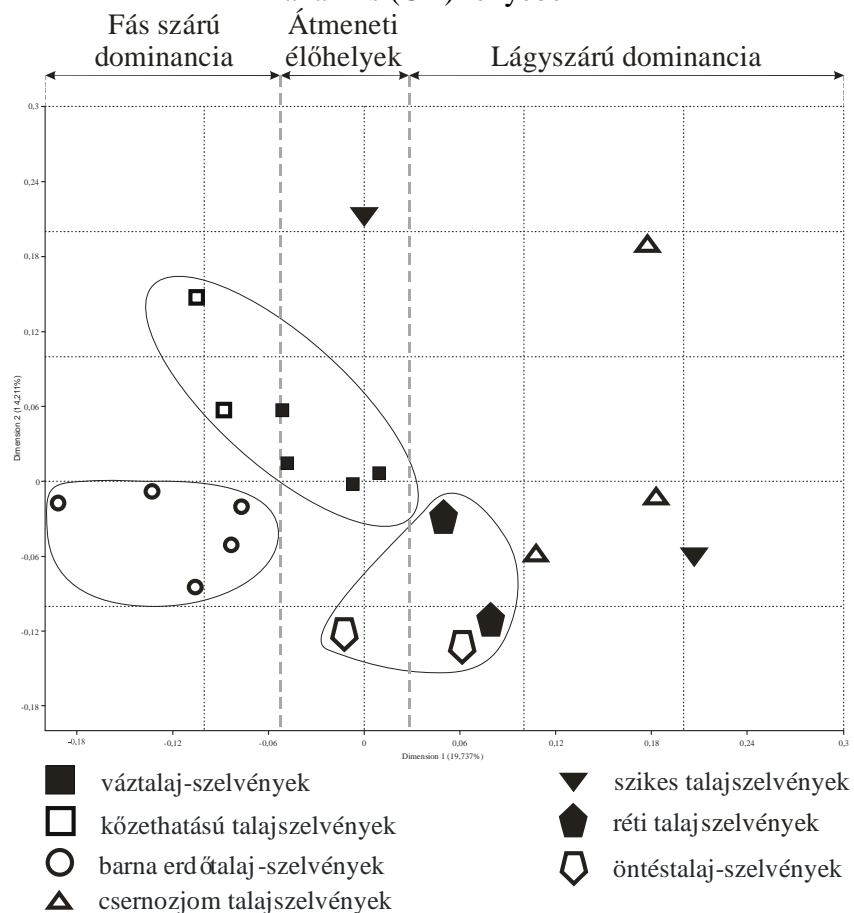
A második típus esetében a talajszelvény helyzetéből adódóan fitolit és szervesanyag deficit keletkezik, ezzel csökkentve a talaj morfortípus-változatosságát és fitolitmennyiségét (pl.: erodatív helyzet – PA03, felszíni leöblítés – PA14). A harmadik típusba az intakt esetek tartoznak, amikor egy szelvény fitolitösszetét csak a szelvényen tenyésző vegetáció alakítja, külső hatás nem játszik közre. Ebben a tekintetben ez egy belső folyamatok által, a külső folyamatok kizárásával létrejövő típus.

Ennek a logikának a mentén érthetővé válik, hogy a PA08-as, velencei-hegységi ranker miért foglal el olyan kiugróan magas helyzetet (I. típus). Hasonló hatások miatt idesorolom a PA01-es agyagbemosódásos barna erdőtalaj, illetve a PA18-as gyepterületi talajból és a PA19-es szántó alól származó humuszos homok talajszelvényeket. A természetes vegetáció alatt felvett szikesek, a síkvidéki váz- és barna erdőtalajok, valamint csernozjomok véleményem szerint a III. típust jelenítik meg. Ezeknél feltételezhető, hogy erőteljesebb külső behatás nélkül fejlődtek és így a tényleges rájuk jellemző fitolitspektrumot mutatják. A II. típust jelenítik meg a grafikon bal alsó pontjához legközelebb elhelyezkedő réti, öntés- és váztalajok szelvényei, ahol feltételezhető a fitolitok talaj-üledékrendszerbe való bekerülésének gátoltsága, illetve azok posztgenetikus elhordódása.

5) A szelvények összevont, azaz a rétegminták eredményeinek összeolvasztásával létrehozott szelvényenkénti adatbázis alapján összehasonlító statisztikai elemzést végeztem. Az összehasonlító elemzés eredményeképpen, a vizsgálatban szereplő 20 talajszelvény fitolitikutatói alapadataira támaszkodó vonatkoztatási rendszert alakítottam ki, amely az egyes, diagnosztikai jelleggel bíró morfortípusok kvantitatív és/vagy kvalitatív jellemzőin keresztül a talajtípus és a hozzá kapcsolódó élőhely detektálását teszi lehetővé. A diagnosztikus értékkel bíró morfortípusokat 5 nagyobb csoportba (A-F zóna) soroltam. Az egyes növényi opálszemcsék megjelenését figyelembe vevő osztályozás alapján elkülönítettem a sztyeppei/füves élőhelyek, az erdei élőhelyek talajainak jellegzetes indikátorait, a szántókon megjelenő morfortípusokat.

A vizsgálati szelvényekben megjelenő és meg nem jelenő morfortípusok mennyiségi eloszlása alapján megvizsgáltam, hogy mely szelvények hasonlítanak a legjobban, illetve hogy a talajtanilag azonos bélyegeket mutató szelvények morfortípus eloszlása azonos környezeti indikációt adnak-e. A szelvények csoportokban rendeződése a 4. ábrán szépen kirajzolja az általuk megjelenített élőhelytípusokat. A barna erdőtalajok csoportja, valamint az erdő alatt felvett rankerek jelzik a fás szárúak dominanciájával jellemezhető élőhelyeket, azaz ezen szelvények morfortípus-spektruma és azok eloszlása nevezhető azonosnak, egy csoportba tartozónak. Az általam átmenetinek nevezett élőhelyeket megjelenítő zónába a PA06-os szolonyeces réti talajszelvény kivételével azok a szelvények kerültek, amelyek fejlődésében időközönként szerepet kaphatott fás szárú vegetáció hatása is. A grafikon alapján úgy tűnik, hogy ezekben a szelvényekben a morfortípus-hasonlóság megengedi azt, hogy egy zónába soroljuk őket. Érdekes megfigyelni, hogy a csernozjom és szikes talajok pontjai mennyire széthúznak az ábra baloldalán leválasztott, lágyszárú dominancia jelzőt viselő terében. Míg a korrespondencia elemzéssel leválogatott diagnosztikus morfortípusok szépen kirajzolták a sztyeppei élőhelyek indikátorait, addig itt azt feltételezhetjük, hogy ezeknek a területeknek a morfortípus-hasonlósága nagyobb szórást mutat, kijelöli ugyan a közös vegetációs hatást, de feltételezhetően a magasabb morfortípus-diverzitás miatt jobban szétszúsznak a pontok.

4. ábra: A szelvények csoportosítása a morfortípusok megjelenése alapján végzett korrespondencia analízis (CA) fényében



Új tudományos eredmények

1. Kutatási munkám fontos eredményének tartom azt a hazai talajtani viszonyokat tükröző, deskriptív adatbázist, amely 20 különböző szelvény 117 rétegmintájának eredményeit tartalmazza.
2. Az elemző munka fontos és hiánypótló eredményének tartom a talaj-fitolit adatbázis alapjaként szolgáló 45 különböző növényi opálszemcse nemzetközi szabványok szerinti (ICPN) leírását és az egyes talajtípusokban megfigyelhető eloszlásának rögzítését.
3. Mennyiségi és minőségi megfigyelésekkel egészítettem ki a korábban alkalmazott Golyeva-féle ökológiai osztályozási rendszer egyes diagnosztikus elemeit, amelyet hazai viszonyokra adaptálva fokozott elemzési precizitással lehet felhasználni a Kárpát-medence negyedidőszaki környezetrekonstrukciós elemzéseiben.
4. A több mint 6000 fitolit megfigyelés alapján, multivariancia elemzés segítségével a hazai talajtani és növényökológiai viszonyokat tükröző indikátorcsoport-felosztást készítettem, amely a korábban hitelesített Golyeva-féle osztályozási rendszer mellett felhasználható a hazai őskörnyezeti kutatásokban a talajok által megjelenített ősi környezet értékelésére.
5. A teljes vizsgálati anyag felhasználásával kialakított adatmátrix statisztikai elemzésének eredményeképpen bizonyítottam, hogy a növényzet, mint talajképző tényező, rekonstruálható egy adott főtípus növényi opálszemcse-összetételének elemzésével.
6. Összetett tájfejlődéssel rendelkező vizsgálati területeken a szelvények fitoliteloszlási értékei alapján kimutattam olyan természetes, illetve mesterséges emberi hatásokat, amelyek egyaránt döntő befolyással voltak a talaj és a táj fejlődésére.

7. A vizsgálatba vont szelvények elemzésére támaszkodva, az egyes főtipusok által megjelenített élőhelyekre vonatkozóan, az alábbi indikatív fitolit jelenségeket határoztam meg:

7.a. A vizsgálatokban szerepeltetett csernozjom talajokhoz köthető élőhelyek mennyiségi indikátora a rondel SC morfortípus 50%-ot meghaladó részaránya, míg minőségi indikátora az infundibulate (rondel) SC, a trapeziform elongate trilobate LC és a lanceolate digitate T morfortípusok megjelenése.

7.b. A vizsgálatokban szerepeltetett barna erdőtalajokhoz köthető élőhelyek minőségi fitolitanalitikai indikátora a globular echinate, a globular psilate, a faceted psilate bulliform, az elongated reflexed psilate LC és az ún. bilobate SC (PA13) morfortípusok megjelenése, míg mennyiség indikátor a lanceolate psilate T magas, a rondel SC részarányát meghaladó jelenléte.

7.c. Jellegzetes összefüggést találtam a szikes talajok fizikai és kémiai tulajdonságai valamint a növényi opálszemcsék eloszlása között. A vizsgálatokban szerepeltetett szikes szelvények esetében a kilúgzási E-szint és B₁-szint határán tapasztalható textúraváltás fizikai korlátot szab a növényi opálszemcsék vertikális lemosódásának, míg kémhatás pH 9 fölé emelkedése a növényi opálszemcséket felépítő hidratált szilícium-dioxid visszaoldódásával szab határt a fitolitprofilnak.

8. Javaslatot tettem a talajok fitolit morfortípus-diverzitása fogalom bevezetésére, amely numerikus indikátor a talajok fejlődéstörténetében bekövetkező növénytani hatások értékelésére használható.

Javaslatok

A mindenkori fitolitvizsgálati elemzésekre alapozott környezet- és tájrekonstrukció alapját recens analógiákon nyugvó referencia adatbázis képezi, amely segít tájékozódni a megfigyelt fitoliteloszlási mintázatok jelentésértelmében. Környezetrekonstrukciós értelemben ezt a célt két gyűjteménytípus elégíti ki. Az egyik a modern növényi életközösségek közvetlen vizsgálatával nyert növényi opálszemcse adatbázis, a másik pedig a talajok fitoliteloszlási adatbázisa.

Jelen dolgozat a hazai talajokban kialakuló fitoliteloszlási mintázatok feltérképezésére és – részbeni – értelmezésére fekteti a hangsúlyt. Ebben a tekintetben a megkezdett munka lehetséges bővítését az alábbi irányokban tartom célszerűnek:

- Minél nagyobb számban felvett, azonos típusú talajszelvény elemzésével további diagnosztikus mennyiségi fitoliteloszlási jelenségeket, és az adott talajtípus azonosítására alkalmas fitolit morfortípusokat lehet leválogatni, amely fokozottabb rekonstrukciós precizitást tesz lehetővé az alkalmazott környezetrekonstrukciós elemzésekben.
- Azonos vegetációs típus, illetve társulás alatt felvett szelvények elemzésével pontosítható a növényzeti kép rekonstrukciós hatékonysága. Ehhez kapcsolódóan, a talajtani megfigyelések mellett javasolható egy recens növénytani adatbázis kiépítése is.
- A talajtani és növénytani összehasonlító gyűjtemény mellett az emberi hatásokat magukon hordozó szelvények további elemzésével a fitoliteloszlási eltérésekben megmutatkozó emberi hatások is pontosíthatók.

Folyóiratcikkek

Lektorált folyóiratcikk idegen nyelven

- BARCZI, A. – JOÓ, K. – **PETŐ, Á.** – BUCSI, T. (2006): Survey of the buried paleosol under Lyukas-mound. *Eurasian Soil Science*. Vol. 39., Supplement 1., Publisher: MAIK Nauka/Interperiodica, p. 133-140. IF(2006): 0,036, doi: 10.1134/S1064229306130217
- BARCZI, A – GOLYEVA, A.A. – **PETŐ, Á.** (2006): Additional data on the paleoenvironmental reconstruction of the Lyukas-mound based on biomorphic and pedological analysis. *Bulletin of Szent István University*, Vol. 6., Gödöllő, p. 49-70
- PETŐ, Á.** (2007): Introducing the phytolith analysis: A suitable method in palaeoecology and landscape ecology. *Tájökológiai Lapok* 5(1): 91-102.
- BARCZI, A. – GOLYEVA, A.A. – **PETŐ, Á.** (corr. author) (2009): Paleoenvironmental reconstruction of Hungarian kurgans on the basis of the examination of paleosoils and phytolith analysis. *Quaternary International*, Vol. 193., Issues 1-2.: 49-60. IF(2006):1,607 doi:10.1016/j.quaint.2007.10.025

Lektorált folyóiratcikk magyar nyelven

- PETŐ, Á.** – BUCSI, T. (2008): Kiegészítő adatok a Csípő-halom paleoökológiai elemzéséhez. *Tájökológiai Lapok* 6(1-2): 197-208.
- PETŐ, Á.** (2009): A növényi opálszemcsék kutatásának rövid tudománytörténeti áttekintése a felfedezéstől napjainkig. *Tájökológiai Lapok* 7(1): 39-63
- BARCZI A. – TÓTH CS. – TÓTH A. – **PETŐ, Á.** (2009): Bán-halmon komplex tájökológiai és paleotalajtani felmérése. *Tájökológiai Lapok* 7(1): 191-208
- PETŐ, Á.** (2009): A fitolitikus kutatás szerepe az őskörnyezetben és a környezet régészeti, valamint hazai alkalmazásának lehetőségei. *Archeometriai Műhely* 2009/2: 15-30.
- PETŐ, Á.** – BARCZI, A. (2010): A Magyarországon előforduló meghatározó jelentőségű és gyakori talajtípusok fitolit profiljának katasztere I–II. Módszertani megfontolások, illetve a vizsgált váz- és közethatású talajok eredményei. *Tájökológiai Lapok* 8(1): 157-206.

Konferencia kiadványok

Idegen nyelvű, teljes

- PETŐ, Á.** – BARCZI, A. (2007): Palaeovegetational survey of an excavated kurgan on the Great Hungarian Plain (Case study from the Hajdúság). *15th International Poster Day, Transport of Water, Chemicals and Energy in the System Soil-Crop Canopy-Atmosphere*, Bratislava, 15.11.2007. pp. 510-514.
- BARCZI, A. – CZAKÓ, Zs. – JOÓ, K. – **PETŐ, Á.** (2007): Palaeosoil based palaeoecological reconstruction of the Fekete-halom kurgan. *15th International Poster Day, Transport of Water, Chemicals and Energy in the System Soil-Crop Canopy-Atmosphere*, Bratislava, 15. 11. 2007. pp. 10-17.
- PETŐ, Á.** – BARCZI, A. – JOÓ, K. – GRÓNÁS, V. (2008): Phytolith analysis of modern soil profiles as a tool to demonstrate land use changes and anthropogenic impacts (Case study from the Bakony Mountains). *Proceedings of the VII. Alps-Adria Scientific Workshop*, Stara Lesna, Slovakia; *Cereal Research Communications* Vol 36. Supplement 2008 pp. 955-958 Akadémiai Kiadó, IF(2006):1,037
- BARCZI, A. – CSANÁDI, A. – JOÓ, K. – M. TÓTH, T. – **PETŐ, Á.** (2009): Detecting paleosoil evolution and landscape changes based on the paleoecological study of the Csípő-halom kurgan in Hungary. In: Ivanov, I.V. – Pesochina, L.S. (eds.): *Proceedings of the 5th International Conference "Evolution of soil cover: history of ideas and approaches, Holocene evolution, prognoses"*. 26-31 October, 2009. Pushchino. Institute of Physical, chemical and biological problems of Soil Science, RAS Press, pp. 221-223. [V Межд. конф. «Эволюция почвенного покрова: история идей и методы, голоценовая эволюция, прогнозы», 26-31 октября 2009 г. Пушино.]
- PETŐ, Á.** – BUCSI, T. – BARCZI, A. (2009): Building a soil-phytolith reference database to support palaeoecological reconstructions and archaeopedological studies. In: Ivanov, I.V. – Pesochina, L.S. (eds.): *Proceedings of the 5th International Conference "Evolution of soil cover: history of ideas and approaches, Holocene evolution, prognoses"*. 26-31 October, 2009. Pushchino. Institute of Physical, chemical and biological problems of Soil Science, RAS Press, pp 223-225. [V Межд. конф. «Эволюция почвенного покрова: история идей и методы, голоценовая эволюция, прогнозы», 26-31 октября 2009 г. Пушино.]

PETŐ, Á. – BUCSI, T. – CENTERI, CS. – BARCZI, A. (2010): Reconstruction of past environments based on pedological, micromorphological and phytolith analyses. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1–6 August 2010, Brisbane, Australia, pp. 19-22.

Magyar nyelvű, teljes

BARCZI, A. – JOÓ, K. – **PETŐ, Á.** – BUCSI, T. (2006): A tedeji Lyukas-halom paleotalajának és egykori környezetének vizsgálata. Teljes terjedelmű összefoglaló. V. Alföldi Tájgazdálkodási Tudományos Napok 2006, Szolnoki Főiskola, Mezőtúr, 2006. október 26-27.

Felhasznált irodalom

- FINNERN H. (ed.) (1994): *Pedological mapping manual*. 4. Verbesserte und erweiterte Auflage. Hannover.
- GOLYEVA A.A. (1997): Content and distribution of phytoliths in the main types of soils in Eastern Europe. In: PINILLA A., JUAN-TRESSERAS J., MACHADO M. J. (eds.): *Monografías del centro de ciencias medioambientales, CSCI (4), The state of-the-art of phytoliths in soils and plants*, Madrid, 15–22.
- HAMMER Ø., HARPER D.A.T., RYAN P.D. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4 (1): 9 p.
- 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 p.
- MADELLA M., ALEXANDRE A., BALL T. (2005): International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of Botany*, 96: 253–260.
- MAROSI és SOMOGYI (1999): *Magyarország Kistájainak Katasztere I–II*. Magyar Tudományos Akadémia, Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest.
- MSZ–08–1933–12: 1986 (1986): Talajvizsgálatok nagy teljesítményű műszersoron. A talaj összes foszfortartalmának meghatározása. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest MSZH–Nyomda, 12 p.
- MSZ–08–0210–77 (1977): A talaj szerves szén tartalmának meghatározása. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest MSZH–Nyomda, 6 p.
- MSZ–08–0205–78: A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest MSZH–Nyomda, 39 p.
- MSZ–08–0206/2–78 (1978): A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Laboratóriumi vizsgálatok (pH érték, szódában kifejezett fenofitalein lúgosság, vízben oldható összes só, hidrolitos (y1 érték) és kicserélődési aciditás (y2 érték). Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest MSZH–Nyomda, 12 p.
- MSZ–08–0452–80 (1980): Nagyteljesítményű műszersorok alkalmazása talajvizsgálatokban. A talaj szerves szén tartalmának meghatározása Contiflo műszersoron. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest MSZH–Nyomda, 7 p.
- MSZ–21470/51–83 (1983): Környezetvédelmi talajvizsgálatok. A talaj kötöttségének meghatározása. Magyar Szabványügyi Hivatal, Budapest MSZH–Nyomda, 3 p.
- MSZ 1398:1998 (1988): Talajszelvény kijelölése, feltárása és leírása talajtérkép készítéséhez. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 13 p.
- PEARSALL D.M. (1978): Phytolith analysis of archaeological soils: Evidence for maize cultivation in Formative Ecuador. *Science*, 199: 177–178.
- PEARSALL D.M. (2000): *Paleoethnobotany. A handbook of procedures*. Academic Press, London
- PIPERNO D.R. (1988): *Phytolith analysis: An Archaeological and Geological Perspective*. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, San Diego, 268 p.
- PIPERNO D.R., STOTHERT K.E. (2003): Phytolith Evidence for Early Holocene *Cucurbita* Domestication in Southwest Ecuador. *Science*, 299: 1054–1057.
- PRASAD V., STRÖMBERG C.A.E., ALIMOHAMMADIAN H., SAHNI A. (2005): Dinosaur Coprolites and the Early Evolution of Grasses and Grazers. *Science*, 310: 1177–1180.
- STEFANOVITS P. (1963): *Magyarország talajai*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- STEFANOVITS P. (szerk.), FILEP GY., FÜLEKY GY. (1999): *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 469 p.
- SZABOLCS I. (szerk.) (1966): A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve. OMMI, Budapest, 428 p.
- TIM MÓDSZERTAN (1995): Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer 1. kötet: Módszertan. Földművelésügyi Minisztérium, Növényvédelmi és Agrár–környezetgazdálkodási Főosztály, Budapest, 92 p.
- WILDING L.P. (1967): Radiocarbon dating of biogenetic opal. *Science*, 156 (3771): 66–67.