

RÉGÉSZET ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYOK

2.

RÉGÉSZETI NÖVÉNYTAN: LELETEK, MÓDSZEREK ÉS ÉRTELMEZÉS

Archaeobotanikai kézikönyv

Írta és szerkesztette:

PETŐ ÁKOS ÉS KENÉZ ÁRPÁD

Gyulai Ferenc, Lisztes-Szabó Zsuzsa,
Molnár Mariann és Saláta Dénes
közreműködésével



Budapest 2018

A kötet megjelenését a Nemzeti Kulturális Alap támogatta.

A kézirat a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj, a Nemzeti Kutatási Alap, valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) támogatásával készült.



Borítóképek:

Buglyos kocsord (*Peucedanum alsaticum*) vizes megtartású termése Pócspetri lelőhelyről.

Fotó: Kenéz Árpád

Tönke kalászának részlete (*Triticum turgidum* L. subsp. *dicocum* Schrank). Fotó: Bicskei József

Vizes megtartású falevelek Pócspetri-Bikaréti szivárgó lelőhelyről
(balról jobbra: *Salix* sp.; *Populus* sp.; *Quercus* sp.). Fotó: Bicskei József

A sulyom (*Trapa natans* L.) recens termése. Fotó: Bicskei József

Szenült gabonák. Fotó: Kenéz Árpád

Nyelvi lektorálás: Renner Zsuzsanna

Tördelés: Kiss Zsuzsanna

Képszerkesztés: a szerzők és Kiss Zsuzsanna

Sorozat- és borítóterv: Kaszta Móni

ISBN 978-615-5766-21-3

ISSN 2559-9577

© A szerzők, a szerkesztők és az Archaeolingua Alapítvány

Minden jog fenntartva. Jelen könyvet, illetve annak részeit tilos reprodukálni, adatrögzítő rendszerben tárolni, bármilyen formában vagy eszközzel – elektronikus úton vagy más módon – közölni a kiadó és a szerzők engedélye nélkül.

2018

ARCHAEOLOGUA ALAPÍTVÁNY

H-1067 Budapest, Teréz krt. 13.

www.archaeolingua.hu

Felelős kiadó: Jerem Erzsébet

Nyomda: Prime Rate Kft.

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	
<i>Pető Ákos és Kenéz Árpád</i>	7
Bevezetés	
<i>Pető Ákos és Kenéz Árpád</i>	11
I. Makro-archaeobotanika. A régészeti lelőhelyekről származó makroszkopikus növényi maradványok interdiszciplináris értékelése	
<i>Kenéz Árpád, Gyulai Ferenc, Saláta Dénes</i>	15
A makro-archaeobotanikai kutatás tárgya, feladatköre, jelentősége	17
A növényi makromaradványok megtartási formái	26
Mintavételi módszerek a makro-archaeobotanikai vizsgálatokhoz	32
A minták előkészítése	37
A maradványok meghatározása	48
A meghatározott növényfajok/étel- és italmaradványok kiértékelése	70
Mezőgazdaság-, táplálkozás- és környezettörténeti rekonstrukció lehetőségei	78
Felhasznált irodalom	81
II. Mikro-archaeobotanika. Régészeti lelőhelyekről feltárható mikroszkopikus méretű szerves és szervetlen növényi maradványok interdiszciplináris értékelése	
<i>Pető Ákos, Lisztes-Szabó Zsuzsa, Molnár Marianna</i>	91
A mikro-archaeobotanikai kutatás tárgya, kialakulása és helye a tudományok rendszerében	93
A mikroszkopikus növényi maradványok megtartási formái	116
Mintavételi módszerek a mikro-archaeobotanikában	121
Laboratóriumi alkalmazások a mikro-archaeobotanikában	126
Mikro-archaeobotanikai maradványok meghatározásának elmélete	136
Felhasznált irodalom	142
III. Integrált archaeobotanikai esettanulmányok. Példák az integrált archaeobotanikai kutatásokra a mintavételtől az adatkiértékelésig	155
„Új típusú” pelyvásbúza-maradványok Hódmezővásárhely-Kopáncs I. rézkori lelőhelyről	
<i>Kenéz Árpád, Pető Ákos, Gyulai Ferenc</i>	157
Őshonos vagy adventív? A pillás Haynald-fű (<i>Dasypyrum villosum</i>) első régészeti maradványai a Kárpát-medencéből	
<i>Kenéz Árpád</i>	160
Egy római villa gazdaságtörténete a régészeti növénytani adatok tükrében:	
Cserdi-Horgas-dűlő	
<i>Kenéz Árpád, Pető Ákos</i>	163
Keszthely-Fenekpuszta belső erőd késő római lakosságának táplálkozástörténete és az erőd környezeti rekonstrukciója makro-archaeobotanikai adatok alapján	
<i>Kenéz Árpád, Gyulai Ferenc</i>	166
A középkori Vác gazdaságtörténete a Piac utcai ásatás integrált archaeobotanikai feldolgozása alapján	
<i>Kenéz Árpád, Pető Ákos</i>	170
Az archaeobotanikai kutatások szerepe a szarmaták mezőgazdaság-történeti kutatásában	
<i>Pető Ákos, Kenéz Árpád</i>	174
Avar kori fegyverek xylotómiai vizsgálata	
<i>Saláta Dénes</i>	177

Kora neolitik kerámia növényi soványításának fitolitvizsgálata <i>Pető Ákos</i>	180
Az első hazai lopótöklelet integrált archeobotanikai vizsgálata <i>Pető Ákos, Kenéz Árpád, Lisztes-Szabó Zsuzsa, Molnár Marianna</i>	183
Integrált archeobotanikai vizsgálatokra alapozott objektumon belüli térhasználat-elemzés <i>Pető Ákos, Kenéz Árpád</i>	186
Felhasznált és ajánlott irodalom	189
A felhasznált ábrák forrásai	193

ELŐSZÓ

A régészeti növénytan feladata a régészeti ásatásokon, illetve a kulturális örökségvédelmi kutatások során előkerülő növényi maradványok gazdaság- és táplálkozástörténeti, valamint környezettörténeti értelmezése, feldolgozása. A régészeti növénytan (syn.: archaeobotanika vagy paleo-etnobotanika) által vizsgált maradványok méret szerint történő felosztása alapján elkülöníthetünk makro- és mikroszkopikus növényi eredetű maradványokat. Ezek feltárása, begyűjtése, kezelése és régészeti, valamint környezettörténeti értelmezése is eltérő metodikát követel meg. Egy ásatás archaeobotanikai feldolgozásakor a tudományos eszközök megválasztását a felmerülő régészeti kérdés határozza meg, ugyanakkor azonos anyagon több módszerrel elvégzett elemzéssel a kapott eredmények kiegészítik, kiegészíthetik egymást, továbbá finomítják a régészeti interpretációt. Az ún. integrált archaeobotanikai megközelítésmód lényege, hogy minden növényi eredetű maradványt és leletet, amely az adott lelőhely régészeti és környezettörténeti feldolgozásához, illetve az ember-növény kapcsolatok feltárásához szükséges, egységesen kezeljen az elemzőmunka során.

Az a lehetőség, hogy a különböző maradványtípusokból nyert információkat egymással kiegészítve értelmezhetjük, lényegesen közelebb vihet bennünket egy valóság-hű kép kialakításához, és új távlatokat nyit meg az archaeobotanikai anyag régészeti és környezettörténeti interpretációjában. Ugyanakkor ez a fajta gondolkodásmód a mintavételnél kezdődik. Gyakorlati tapasztalataink azt mutatják, hogy nem lehet ott minden mintavételnél egy-egy archaeobotanikus szakember. Mindezek miatt szükséges a régészeti és környezettudományi felsőoktatásban résztvevő hallgatók, illetve a téma iránt érdeklődő régész és természettudományos szakemberek számára iránymutatást biztosítani. Ennek fényében tehát jelen kötetünkkel azt a célt tűztük ki magunk elé, hogy tudományos alaposággal, de közérthető módon mutassuk be a régészeti növénytan gyakorlati és elméleti módszereit. A téma interdiszciplinaritásából fakadóan kézikönyvünk célközönsége kettős: egyfelől segítheti a régészeti felsőoktatásban résztvevő hallgatókat, de a témához a környezettudományok oldaláról közelítő hallgatók, illetve szakemberek hasznos társává is válhat. A kézikönyv-jelleget a terepi (gyakorlati) módszerek és laboratóriumi eljárások részletes, receptszerű, de a vonatkozó elvi mögöttes tartalmat is felvonultató leírása alapozza meg. Erre építkezve bemutatásra kerülnek az egyes vizsgálati anyagon kivitelezhető elemzéstípusok, adatfelvételezési és kiértékelési eljárások. A könnyebb érthetőség kedvéért önálló keretes írásokban elhelyezett rövid példákon keresztül szemléltetjük az adott módszer, eljárás lényegét, kiemelve azok buktatóit, illetve fontos részleteit, vagy világítunk rá az adott fejezetben tárgyalt anyag egy-egy különlegességére, érdekességére.

A kötet kézikönyv-jellegéből adódik, hogy együttesen, azaz integrált archaeobotanikai szemléletmódban vizsgálja a régészeti növénytan tudományterületét, igyekszik lépést tartani a legújabb tudományos kutatási irányokkal és elméletekkel. A felsőoktatás ilyen irányú színvonalemelése mellett a témában elmélyedni kívánó szakembereket bevezeti a feldolgozás, az integrált kiértékelés elméleti részleteibe. Az archaeobotanikai kutatási anyag felosztását makro- és mikromaradványokra bontva tárgyaljuk. A részletes tárgyalás után olyan esettanulmányokat mutatunk be, amelyekben az integrált archaeobotanikai megközelítésmódot alkalmaztuk, ezzel segítve a gyakorlati és elméleti részek megértését.

Kötetünk első fejezete (Makro-archaeobotanika: A régészeti lelőhelyekről származó makroszkopikus növényi maradványok interdiszciplináris értékelése) a régészeti, illetve környezettörténeti kontextusból feltárt makroszkopikus növényi maradványok bemutatásával foglalkozik. Célja, hogy a mag- és termésmaradványok, valamint a makroszkopikus faszénmaradványok régészeti és környezettörténeti kontextusba helyezett értelmezésével segítse a (leendő) szakembereket. A fejezet kitér mintavételi eljárásokra, bemutatja a kinyerési és preparálási procedúrákat, illetve segítséget nyújt a határozási és adatfeldolgozási munkafázisok kivitelezéséhez. Kézikönyvünknek ugyanakkor nem célja és nem feladata, hogy helyettesítse azokat a határozókönyveket, amelyek a makroszkopikus növényi maradványok sikeres faj- vagy

nemzetségszintű azonosításához szükségesek*. A gyakorlati részeknél igyekeztünk az aprólékos, receptszerű leírások mellett technológiai és folyamatábrákkal illusztrálni az egyes eljárásokat, valamint a szerzők saját gyakorlatában felgyülemlett apró buktatókra, technikai részletekre is kitérni.

A kézikönyv második fejezete (Mikro-archaeobotanika: A régészeti lelőhelyekről feltárható mikroszkopikus méretű szerves és szervetlen növényi maradványok interdiszciplináris értékelése) a mikroszkopikus növényi maradványok régészeti növénytanban betöltött szerepével foglalkozik. A régészeti és környezettörténeti kutatásokban leggyakrabban alkalmazott növényi maradványtípusok (pollen, fitolit, keményítőszemcse) bemutatása mellett kitér arra is, hogy ezek vizsgálata milyen régészeti és környezeti kérdések megválaszolásában segítheti a témában kutatást végző szakembert. Emellett részletesen végigköveti a minták útját a terepi mintavételtől az adatkiértékelésig: az olvasó/használó részletes információt kap a terepi mintavételi stratégiák megtervezéséről és kivitelezéséről, az alkalmazható laboratóriumi technológiákról, az egyes mikroszkopikus növényi eredetű maradványok értékeléséről és a kinyerhető adatok feldolgozásáról. A fejezetnek nem célja, hogy pollen-, fitolit- és keményítőszemcse-határozóként funkcionáljon, hanem hogy e mikroszkopikus növényi eredetű maradványok régészeti és környezettörténeti felhasználásában segítse a (leendő) szakembert. Ebben a részletes, receptszerű leírások, technológiai és folyamatábrák, valamint a keretes írásokban közbeszúrt rövid példák segítik a kötetet gyakorlati kézikönyvként alkalmazó szakembert.

Kézikönyvünk harmadik fejezete (Integrált archaeobotanikai esettanulmányok: Példák az integrált archaeobotanikai kutatásokra a mintavételtől az adatkiértékelésig) a hazai archaeobotanikai kutatásokból emel ki olyan, a gyakorlati életben is megvalósult alapkutatói és alkalmazott kutatói példákat, amelyeken keresztül a régészeti kérdésselvetéstől a terepi mintavételi stratégia megtervezésén át az eredmények kiértékeléséig vezeti az olvasót.

Jelen kötet egyes fejezetei a szerzők korábban publikált tanulmányaira építenek. Akár hozzáteszünk, akár szűkítünk az eredeti közlés szakmai tartalmán, minden esetben megjelöljük, hogy az adott téma kidolgozása milyen előzményekre tekint vissza. A kötet könnyebb kezelhetősége és befogadhatósága érdekében nem alkalmazunk szövegszéli hivatkozásokat, ugyanakkor a felhasznált irodalomban közreadjuk azoknak a műveknek a listáját, amelyek nemcsak a kötetet jegyző szakemberek tudását mélyítették eddigi praxisuk során, hanem alapot nyújtanak ahhoz, hogy az érdeklődő szakember egy-egy témában nagyobb jártasságra, differenciáltabb tudásra tegyen szert.

Az Archaeobotanikai Kézikönyv gondolata a Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Örökségvédelmi Központjában zajló belső képzési törekvések kibontakozásával született meg a fejünkben 2012 és 2013 folyamán. Ez a képzési rendszer azt a célt kívánta megvalósítani, hogy az intézmény természettudománnyal foglalkozó kutatói megismertessék a régészeket tudományterületük legfontosabb elvi, módszertani és gyakorlati alapjaival és fordítva, hogy mi is tanuljunk a régészekről, a régészetről.

A kötet, melynek összeállítása 2013-ban a Nemzeti Kutatói Alaptól elnyert alkotói támogatással vette kezdetét, 2014 őszére nyerte el végleges formáját, kiadásának ügye azonban az intézményi átalakulások,

* Pl. Brecher Gy. (1960) *A magismeret atlasza*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
 Cappers, R. T. J., Bekker, R. M., Jans, J. E. A. (2006) *Digital Seed Atlas of the Netherlands/Digitale Zadenatlas van Nederland*. Barkhuis, Nederland.
 Jacomet, S. (2006a) *Identification of cereal remains from archaeological sites*. Archaeobotany Lab, IPAS, Basel University.
 Jakab G., Sümegi P. (2011) *Negyedidőszaki Makrobotanika*. GeoLitera, SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, Szeged.
 Király G. (2009) *Új Magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei*. Határozókulcsok. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvalfő.
 Radics L. (1998) *Gyommaghatározó*. Mezőgazda, Budapest.
 Schermann Sz. (1966) *Magismeret I–II*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
 Simon T. (2000) *A magyarországi edényes flóra határozója. Harasztok–virágos növények*. Nemzeti Tankönyv Kiadó, Budapest.
 Zohary, D., Hopf, M., Weiss, E. (2012) *Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin*. Oxford University Press.

változások viharos időszakában háttérbe szorult. 2016-ban az Archaeolingua Alapítvány fogadta be hivatalosan a kéziratot és kiadói tervében ütemezte a kötet megjelenését.

A kézirat lezárása óta eltelt időszakban a szerzők felsőoktatási tevékenysége (BSc, MSc és PhD szinten) és az oktatott tárgyak fejlesztése közben kiforrott ismeretanyag folyamatosan alakított, csiszolt a kötetben. A folyamatosan frissülő, aktualizált anyag ugyanakkor kiadatlanul is hasznosult az archaeobotanikai témájú tárgyak oktatásában a Szent István Egyetemen, a Debreceni Tudományegyetemen és az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. Időközben a tudományterület egyre nagyobb fokú ismertsége miatt bővült a téma hazai irodalma: oktatási segédletek, egyetemi jegyzetek, tankönyvek, illetve szakkönyvek is megjelentek régészeti növénytan témában. Ezek közül mindenképpen említést érdemel a Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszékét vezető Sümegi Pál professzor és kollégái, Töröcsik Tünde és Náfrádi Katalin által szerkesztett *Komplex archaeobotanika* című kötet.

Ugyanebben az időszakban számos kutatási eredményünk született, amely arra készített bennünket, hogy kéziratunk harmadik fejezetét átstrukturáljuk. Az esettanulmányok nagy száma miatt immár nem részletes módszertani és adatismertetésre épülnek a fejezet egyes részei, hanem olyan összefoglalókat kívántunk az olvasók elé tárni, amely sokféleségén keresztül hűen tükrözi a módszerekben rejlő változottságot, kapcsolódási lehetőségeket. E célkitűzés jegyében tíz rövidebb, de tudományos alapossággal és közérthetően megírt esettanulmány alkotja a kötet záró fejezetét. Szándékunk szerint ezek az anyagok nemcsak a felsőoktatásban és a szakirányú képzésekben lesznek gyakorlati példaként felhasználhatók, hanem gondolatébresztőként segíthetik a régészeti növénytan területén kutatásba kezdő fiatal kollégákat is.

A kézirat a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával, az Nemzeti Kutatási Alap 3202/0042-as és 3202/00491-es azonosítószámú alkotói támogatásának segítségével, valamint az Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) által támogatott PD 124607 sz. posztdoktori projekt keretében készült.

Gödöllő, 2018. június 28.

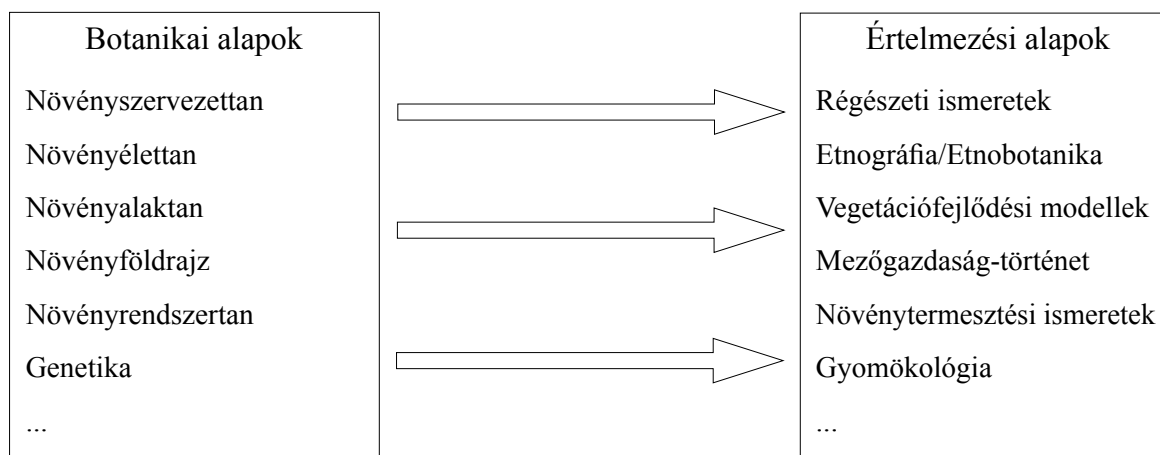
A szerkesztők

BEVEZETÉS

Pető Ákos és Kenéz Árpád

A régészeti növénytani kutatások a botanika tudományára támaszkodnak, összekapcsolódnak azonban a régészettel is. Az eltérő módon konzerválódott szerves és szervetlen maradványok régészeti ásatásokról származnak, illetve a laboratóriumban kinyert organikus és anorganikus növényi mikromaradványok (is) a régészeti ásatáson begyűjtött mintákból kerülnek feltárássra. Az egyes növénytaxonok különböző anatómiai képletei egyszerre jelenítenek meg biológiai és történeti információtartalmat, amelyek felfejtésével végső soron az ember és környezete történeti fejlődésének egyes mozzanatait tudjuk megismerni.

A régészeti növénytani leletek és maradványok értelmezéséhez ugyanakkor alapvetően növényanatómiai, morfológiai, növényélettani, növényrendszertani ismeretekre szükséges támaszkodni, azaz az archaeobotanika minden ága elméleti és gyakorlati botanikai ismereteken nyugszik. Ezeknek az alapoknak az ismerete és elsajátítása nélkül még akkor sem végezhetünk sikeres és valós eredményeket tükröző archaeobotanikai elemzéseket, ha egyébként ennek az interdiszciplináris kutatási területnek egyéb vonatkozásaival tisztában vagyunk. A régészeti növénytan inter- és multidiszciplinaritását jól példázza az a látszólagos ellentmondás, hogy hiába alaposak és letisztultak botanikai ismereteink, a történeti, régészeti, tafonómiai, egyes talaj- és üledéktani alapok nélkül nem fogjuk tudni értelmezni a leleteket, illetve ami a legfontosabb, válaszokat adni a történetiséget magában rejtő kérdésekre, problémákra (*1. ábra*).

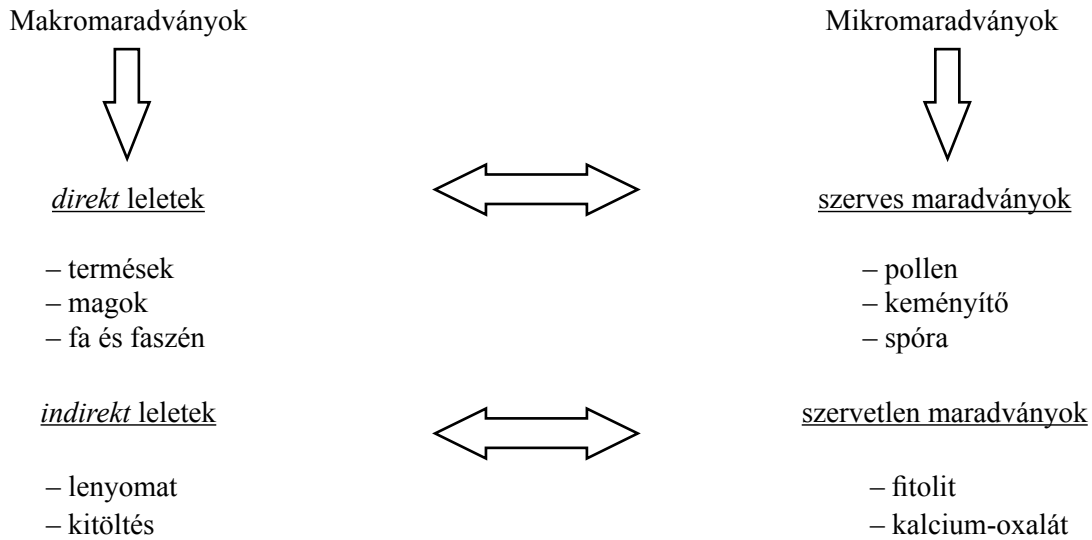


1. ábra. A régészeti növénytan és a növénytan elméleti kapcsolatrendszere

Az eredmények kiértékelésének célja, hogy a jól megfogalmazott és világos régészeti kérdésre megadja a választ, és ezzel segítse a vizsgált régészeti jelenségek értelmezését. Tágabb értelemben tehát az archaeobotanikai ismereteket a régészeti tudásanyaggal együtt, integráltan szükséges kezelni. Az említett szintézis pedig éppúgy megköveteli a természettudománnyal foglalkozó szakember, mint a régész nyitottságát és igényét arra, hogy egymás ismereteit befogadva és megértve összekapcsolják analitikus ismereteiket a vizsgált jelenséget illetően. Ez a fajta egymásra vagy együtt építkezés és közös gondolkodás párbeszédet igényel, amely nélkül csak részlegesen valósulhat meg vagy csorbul az a kitűzött cél, hogy a régészeti növénytani ismeretek útján – ahogy azt kutatók már a 20. század közepén is megfogalmazták – a kor embere és a növények közötti sokszínű kapcsolatokat megismerjük.

Az archaeobotanika által vizsgált anyag méret szerint történő felosztása alapján vizsgálhatunk makro- és mikroszkopikus növényi maradványokat (*2. ábra*). Ezek begyűjtése, feltárása és kezelése teljesen eltérő metodikát követel meg. Egy ásatás régészeti növénytani feldolgozásakor a tudományos eszközök megválasztását elsősorban a felmerülő régészeti kérdés határozza meg. Azonos anyagon több módszerrel elvégzett elemzéssel ugyanakkor a kapott eredmények a legtöbb esetben szerencsésen kiegészítik egymást, illetve finomítják a régészeti interpretációt is.

Régészeti növényteni feldolgozás



Eltérő metodika a begyűjtés, feltárás (laborkapacitás) és kezelés területén

Azonosság és additivitás az interpretáció területén

2. ábra. A régészeti növénytan felosztása a vizsgálat tárgyának szempontjából

Az alapvetően „leletként” definiálható makromaradványokat feloszthatjuk ún. direkt és indirekt leletekre. Ezek a vegetatív és generatív növényi részek eltérő módon konzerválódhatnak, gyűjtésük közvetlenül vagy a felvett talajmintákból iszapolással, flotálással, szitálással történik. Megnevezésük a klasszikus archaeobotanikai munkákban nem véletlenül lelet, hiszen sok esetben leltári számot kapnak és archiválásra kerülnek. A növényi magok és termések, illetve faleletek és faszénegyüttesek elemzése mellett egyre nagyobb hangsúlyt kap a szerves (pl.: virágpor- és keményítőszemcsék) és szervetlen (pl.: fitolitok, kalcium-oxalát zárványok) mikromaradványok régészeti növényteni elemző munkában betöltött szerepe.

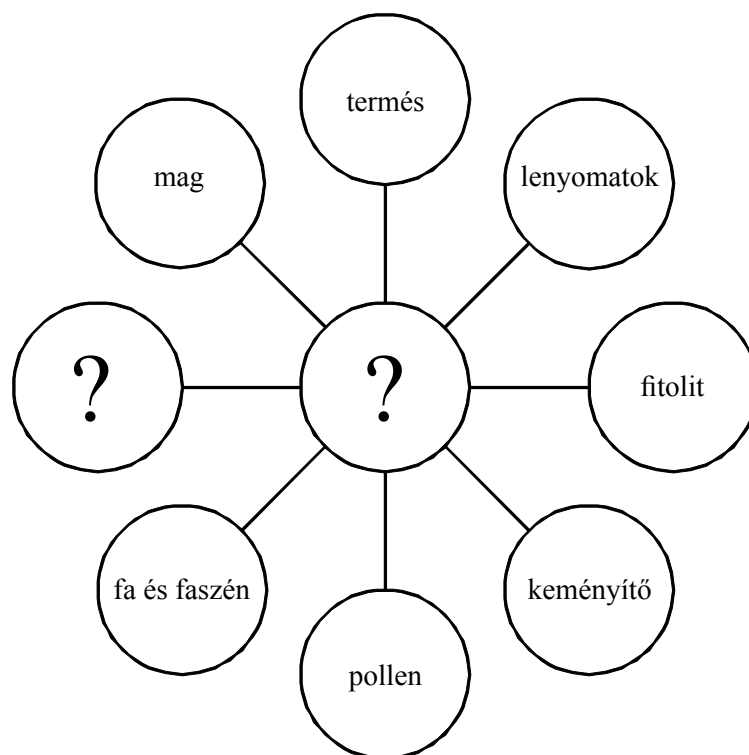
Az általában összetett mintafeltárást és komplex laborinfrastruktúrát igénylő mikromaradványok elemzésével esetenként olyan régészeti kérdésekre adhatjuk meg a választ, amelyekre a makroleletekből nem mindig következtethetnénk. Ez a megfontolás természetesen fordítva is igaz, sokszor a makroleletek információtartalma bővebb.

Az archaeobotanikai leletanyag méret vagy alkalmazott módszerek szerinti felosztása – mint minden ember alkotta klasszifikáció – mesterséges rendszer. Az egyes elemek között lehetnek átfedések, illetve olyan rejtett összefüggések, amelyek első pillanatban még nem világosak, ám az elemzések, vizsgálatok előrehaladtával komplexebbé, színesebbé tehetnek egy-egy esettanulmányt vagy kutatást. Fontos kiemelni, hogy nem a módszer van a kérdésért, tehát egy konkrét régészeti vagy környezeti probléma megoldásának keresésénél nem egy adott módszer sok esetben öncélú vagy túlbonyolított alkalmazása a cél. Mindig a kérdésselvetés, a probléma kell, hogy meghatározza az alkalmazandó módszertan minden egyes részletét. Mindezek nyomán felmerül a honnan és a hogyan kérdése, ami a terepi mintavétel elvégzésére vonatkozik.

A fenti gondolatmenet átvezet bennünket a régészeti növénytan egy másik fontos területére, az integrált archaeobotanikai megközelítésmódra.

Hazánkban is egyre nagyobb teret hódít az ún. integrált archaeobotanikai szemléletmód, amelynek lényege, hogy egy-egy lelőhelyről több, minőségében, tafonómiájában és értelmezésében is különböző, de az egykoron élt emberek mindennapjaihoz, táplálkozási szokásaihoz, illetve gazdálkodásuk jellemzőihez köthető növényi leletanyag együttes értelmezésével segítse a régészet tudományát.

Az ún. Integrated Archaeobotanical Approach (IAA)*, lényege, hogy minden növényi eredetű maradványt és leletet, amely az adott lelőhely környezetrekonstrukciójához, illetve az ember-növény kapcsolatok feltárásához szükséges, egységesen kezel az archaeobotanikai feldolgozás során. Az ún. *in-site* mintázással a lelőhelyen belül felhalmozódott növénytani anyagot kutatjuk, míg az *off-site* mintázás a lelőhely környezetében végzett mintavételezéssel nyert vizsgálati anyag mintáinak komplex szemléletű feldolgozására vonatkozik. A komplexitás abban teljesedik ki, hogy nemcsak a mag- és termésmaradványok (karpológia), hanem a faszénegyttesek, pollen-, fitolit- és keményítőszemcsék információtartalmát, illetve az egymást kiegészítő jelentéstartalmakat is figyelembe veszik a rekonstrukció során (3. ábra).



3. ábra. Az integrált archaeobotanikai megközelítésmód elvi struktúrája

* (http://archaeobotany.dept.shef.ac.uk/wiki/index.php/Main_Page).

I. MAKRO-ARCHAEOBOTANIKA
A régészeti lelőhelyekről származó makroszkopikus növényi maradványok
interdiszciplináris értékelése

Kenéz Árpád, Gyulai Ferenc, Saláta Dénes

A MAKRO-ARCHAEOBOTANIKAI KUTATÁS TÁRGYA, FELADATKÖRE, JELENTŐSÉGE

A makro-archaeobotanika által elemezhető maradványok a régészeti korú, binokuláris sztereomikroszkóppal vizsgálható mérettel rendelkező növényi részek tartományától kezdődnek. Ellenben a virágpor-, növényi opál- vagy keményítőszemcsékkel méretük már a milliméteres mérettartományba esik, így lehetőség nyílik arra, hogy mind a vegetatív (pl. száraz, levelek), mind a generatív szervek (pl. magok, termések) elemzése is megtörténhessen. A valóságban azonban nemcsak egyértelmű növényi szerveket, részeket azonosíthatunk, hanem az azokból készült más tárgyakat is, mint az étel- és italmaradványok, szálás anyagok (kender- és lenvásznak stb.), egyéb használati eszközök. Ennek megfelelően a makro-archaeobotanika vizsgálati körét az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

- Karpológia: magok/termések, egyéb virágzati részek (pl. kalászorsó-töredékek) azonosítása és vizsgálata.
- Anthrakológia/xylotómia: szenült vagy más módon fennmaradt faanyagok azonosítása és vizsgálata.
- Étel- és italmaradványok elemzése: kenyerek és más, gabonából készült tésztafélések, kásák, egyéb egytálételek azonosítása. Nagyon ritkán fennmaradnak makroszkopikus méretű italmaradványok is (pl. bor betöményedése).
- Levelek, száraz elemzése: elsősorban a vegetatív szervek azonosítása és részletes elemzése. A vegetatív szervek vizsgálata nem különül el a karpológiától, tehát a vizsgálati folyamatok ebben az esetben egyszerre zajlanak.

A fent említett vizsgálati típusok segítségével azonosíthatjuk a különböző növényi maradványokat, s ezt követően levonhatók a következtetések, amelyek az archaeobotanikában általában az ember és a növény kapcsolatára vonatkoznak. Ezen belül főként a növénytermesztés, a növényfajok gyűjtögetése és egyéb felhasználása (pl. fegyverek és használati eszközök készítése) az, amire koncentrálni a vizsgálatot, de megfelelő mennyiségű faj esetében a természetes környezet vegetációs képére is utalhatunk, vagy a szántóföldi gyomfajok segítségével akár az egykori termőhelyi sajátosságok is kiolvashatók. Ezeket túl sokszor a temetkezési és egyéb kultikus szokások (pl. építési áldozat, sírmelléklet) is kideríthetők.

A modern növénytanak számos elemét és módszerét felhasználja a régészeti növénytan tudománya. Sokszor elengedhetetlen például ökológiai mutatószámok alkalmazása a környezetrekonstrukcióban, ugyanakkor a régészeti leletanyagból előkerült növényi maradványok esetében nem beszélhetünk társulástanról, ugyanis egy adott régészeti lelőhely egy vagy több objektumából előkerült növényi maradványok egyáltalán nem biztos, hogy egyazon élőhelyről kerültek be az egykori településre. Az említettek okán a növény-társulástan csak korlátozásokkal alkalmazható a régmúlt idők viszonyaira. Pontos és részletes környezetrekonstrukcióra csak elegendő, általános szabályként meghatározva legalább 40 db, az egykori természetes környezetből származó faj esetében szabad vállalkozni. Mivel a növény-társulások térben és időben változnak, ezért a múlt növény-társulásainak vizsgálatánál csak annyi bizonyos, hogy a növényfajok termőhelyi igényei állandóak maradtak – ez az ún. tanatocönológiai elemzések alapja. Minél gazdagabb fajban egy ásatás növényanyaga, a makro-archaeobotanikai kiértékelés annál pontosabb eredményhez vezethet.

RÖVID KÜLFÖLDI KUTATÁSTÖRTÉNET

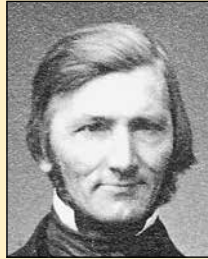
A makro-archaeobotanika jelentős nemzetközi és hazai múlttal rendelkezik. Hazánkban százötven évre tekint vissza. Létrejöttében meghatározó szerepet játszottak a 19. századi növényi evolúció kérdéseivel foglalkozó tudósok, köztük Darwin írásai, de Candolle, illetve később Vavilov géncentrum elméletei, valamint a Közel-Keleten, a búzafajok géncentrumában tett expedíciós gyűjtőútjaik is.

A nemzetközi porondon elsőnek számító archaeobotanikai jellegű munka Franz Unger tollából származik. Témája a salzkammerguti kora vaskori növényleletek feldolgozása volt. Néhány évvel később, 1854-ben

OSWALD HEER
vagy
OSWALD VON HEER

(Nieder-Utzwyl, 1809. augusztus 31. –
Lausanne, 1883. szeptember 27.)

Svájci természettudós, geológus, az archaeobotanika megalapítója. Teológiai, majd orvosi tanulmányokat folytatott Halléban (Németország). Megszerzte a filozófia doktora címet is. Életének korai szakaszában a rovaran, később a paleontológia iránt érdeklődött, majd Svájc tercier korú növény- és rovarmaradványait tanulmányozta. A svájci és az északi sarkvidék miocén korú flórákutatásában elért eredményeivel a paleobotanika úttörőjévé vált. A Zürichi Egyetem botanika professzorává nevezték ki 1851-ben, és ugyanitt a botanikus kert igazgatója volt. Feldolgozta a svájci tóparti cölöpepítmények 1854. évi ásatásán talált nagy mennyiségű növényi maradványt. Az erről megjelent *Die Pflanzen der Pfahlbauten* (1865) c. tudományos munkáját tekintjük az archaeobotanika elindítójának. A lengyeli növényleletek tanulmányozásával a magyarországi archaeobotanikai kutatásokba is bekapcsolódott.



Jelentősebb munkái:

- *Flora Tertiaria Helvetiae* 3 (1855–1859)
- *Die Urwelt der Schweiz* (1865)
- *Flora fossilis Arctica* (1868–1883)

kezdődött meg a svájci tóparti cölöpepítmények feltárása. Az itt talált nagy mennyiségű nedves megtartású növényi maradvány feldolgozását hamarosan meg is kezdték, ugyanakkor az első publikáció csak 1865-ben látott napvilágot Heer jóvoltából. Később Neuweiler és Bertsch is foglalkoztak e cölöpepítmények növényleleteivel. Növényi maradványokat találtak már az egyiptomi ásatásokon is, de Trója és Pompeji feltárása során is kerültek elő olyan leletek, amelyeket a kor botanikusai vizsgáltak. A növénytani, történelmi és nyelvészeti vizsgálódások közös eredményeként klasszikus irodalmi feldolgozásoknak számító művek születtek az antik görögök és rómaiak növényismeretéről. A kultúrnövények kialakulásáról és elterjedéséről további áttekintő művek jelentek meg Netolitzky, Schieman, Karl és Fritz Bertsch, valamint Schwanitz munkájának köszönhetően. A kutatómunkát olyan kiváló minőségű határozókönyvek segítették, mint Beijerinck vagy Schermann meghatározói.

A második világháború után a figyelem középpontjába egyre inkább a növényleletekből levonható ökológiai, ökonómiai, vegetációtörténelmi és klíma-ökológiai következtetések kerültek. A jelentkező problémák túlnőttek a geobotanikán, megkezdődött a vadon élő növények és a gyomfajok ökológiai igényeinek vizsgálata. Az archaeobotanikai feldolgozó munka mind az eljárásokat, mind a felszereléseket illetően kezdett lassan egységessé válni. A kiértékelésben előtérbe kerültek a környezetrekonstrukcióra irányuló törekvések. Az ökológiai feldolgozást Firbas florisztikai-geobotanikai kutatási ered-

ményei, valamint Landolt és Ellenberg értékelési rendszerei nagymértékben előrelendítették.

Nagy, évtizedekig tartó környezetrégészeti projektek indultak. Európán kívül elsősorban a Közel-Keleten, közelebbről a gabonafélék bölcsőjének számító „termékeny félhold” vidékén folytak ilyen jellegű ásatások, míg a háborúk félbe nem szakították őket. A nagyszerű leletanyagok révén jelentősen bővültek ismereteink a háziásításról, a kultúrnövények létrejöttéről. Számos összefoglaló mű jelent meg a növénytermesztés és a kertészet történetéről, a szántóföldi gyomokról, a vegetáció változásáról. Áttekintő munkák sora foglalkozik az archaeobotanika feladatkörével, az alkalmazott eljárásokkal, az eredményekből a növénytermesztés és a vegetáció történetére levonható következtetésekkel (pl. Renfrew, Pearsall, Jacomet és Kreuz munkái). A kutatások eredményeképpen időről időre összefoglalják, illetve átértékelik egy-egy ország növénytermesztésének múltját, különös tekintettel a kezdetekre.

Jelenleg több olyan tudományos műhely működik világszerte, ahol meghatározó archaeobotanikai munka folyik. Ezek (a teljesség igénye nélkül) Ausztrália: Queensland; Ausztria: Bécs; Belgium: Brüsszel; Bulgária: Szófia; Csehország: České Budějovice; Dánia: Højbjerg; Dél-Afrikai Köztársaság: Johannesburg; Franciaország: Montpellier, Párizs, Aix-en-Provence; Görögország: Tesszaloniki; Hollandia: Groningen; Izrael: Ramat-Gan; Japán: Tokió; Kína: Peking; Lengyelország: Gdańsk; Nagy-Britannia: Cambridge, London, Oxford, Sheffield; Németország: München, Stuttgart, Tübingen, Wiesbaden, Wilhelmshaven; Olaszország: Girona, Modena, Róma; Spanyolország: Barcelona; Svájc: Basel; Svédország: Umeå; Szerbia: Belgrád; Szlovákia: Nyitra; Törökország: Isztanbul; U.S.A.: Boston.

RÖVID HAZAI KUTATÁSTÖRTÉNET

A hazai tudományos társadalom is korán bekapcsolódott a régészeti növénytan kutatásokba, így az archaeobotanika különböző ágai hazánkban is gyökereket eresztettek (*1. táblázat*). A feljegyzések szerint már 1836–1845 között Szombathelyen római kori gabonát találtak. Őskori kutatások során 1857–1877 között Felsődobsza, 1870-ben Szíhalom, 1871-ben Pécs-Makárhegy lelőhelyen találtak magvakat. Az 1876-ban Budapesten megrendezett nemzetközi ősrégészeti kongresszus nagy lendületet adott a magyar régészetnek, így a makro-archaeobotanikának is, aminek köszönhetően a Baradla-barlangban, Tószegen, Nagyréven, Tiszafüreden folytatott őskori feltárások során már a magvak előkerülésére is odafigyeltek.

1. táblázat. A magyar archaeobotanikai kutatás korszakai 1860–2014

Időszak	Kutató neve	Feldolgozott lelőhelyek
I. (1876–1917)	Deininger, Lindau, Ascher, Wittmack	7
II. (1918–1954)	Magyar Királyi Vetőmagvizsgáló Állomás	1
III. (1955–1964)	Bogdán, Papp, Szabó, Hopf, Maác, Wellmann, Mesch, Mándy, Tempír, Zsák	14
IV. (1965–1989)	Füzes, Hartyányi, Nováki, Patay, Valkó, Facsar, Skoflek, Árendás, Hortobágyiné	161
V. (1990–)	Jacomet, Dálnoki, Berzsényi, Kállay, Torma, Kovács, Gerócs, Verebes, Vályi, Bogaard, Bending, Jones, Gyulai, Kenéz, Pető, Herbich, Lakatos, Pósa, Dobrán, Persaits, Jakab, Pomázi, Schäfer, Kreuz, Emődi, Pósa, Mravcsik, Molnár	234
-	Nem archaeobotanikus által meghatározott.	39

A magyar archaeobotanika megalapítójának számító Deininger Imre (1844–1918) archaeobotanikai munkássága 1876-ban az aggteleki Baradla-barlang növényleleteinek feldolgozásával vette kezdetét. Ezután a felsődobszai, a tószegi, majd a Torna-Szádelő-völgyi leleteket vizsgálta. Utolsó archaeobotanikai munkája 1891-ben jelent meg a Lengyel-kultúra növénymaradványairól. Sajnos Deiningernek nem volt követője, ezért a nagy reményekkel indult munka megszakadt. Kicsivel több mint tíz évvel később, a századelőn (1904–1906) Csák Árpád talált gabonamaradványokat a Keszthely-fenékpusztai késő római belső erőd területén folytatott ásásain. Ezt követően 1917-ben értesülünk újra magvak és termések botanikai feldolgozásáról, amikor is Georg Lindau az 1906. évi tószegi ásás során előkerült maganyagot értékelte ki.

Rapaics Raymund (1885–1954), bár ő maga archaeobotanikai feldolgozó munkát nem végzett, jelentős mértékben járult hozzá a természetett növények magyarországi történetéhez. Oklevéltani, ikonográfiai, nyelvészeti és botanikai kutatásainak eredményeit az 1940-es években számos könyvben tette közzé, amelyek mind a mai napig forrásértékűek az e témakörrel foglalkozók számára. Ezt követően 1942–1964 között Boros Ádám, Gubányi Emil, Zsák Zoltán, Maác János és Zdenek Tempír foglalkozott érintőlegesen a magyarországi növénymaradványok feldolgozásával. Az 1960-as évek elején sajátos, archaeobotanikai érdeklődéstől áthatott kutatásokat folytatott Bogdán István, Mándy György és Mesch József. Wellmann Imre 17–18. századi irattári anyagok mellékleteként előkerült gabonaleleteket vizsgált.

A rendszeres és tényleges archaeobotanikai feldolgozó munka csak az 1960-as évek elejétől indult meg hazánkban. Budapesten a Magyar Mezőgazdasági Múzeumban P. Hartyányi Borbála archaeobotanikus és a mellette rövid ideig dolgozó Kassai M. Katalin és P. Erményi Magdolna kerttörténészek, Patay Árpád és Nováki Gyula régészek, Keszthelyen a Balatoni Múzeumban Füzes (Frech') Miklós archaeobotanikus és Sági Károly régész neve fémjelzi e korszakot. A tatai Kuny Domokos Múzeumban Skoflek István természettudományos muzeológus és Árendás Veronika tanár foglalkozott az Észak-Dunántúlon, elsősorban Tata környékén előkerült magmaradványok feldolgozásával. Nagyrészt nekik köszönhető, hogy az archaeobotanika hazánkban is elfogadott és önálló tudománnyá vált, nemzetközi hírnevet szerzett, s régészeink mint alkalmazott diszciplínát igénylik is. Ez a tendencia a kétezres évek elején tovább erősödött.

Mándy György növényi gécentrumelméletei, majd Belea Adonisz búzákra kidolgozott genetikus származáselmélete komoly elméleti alapot jelentenek a megújult magyarországi archaeobotanikai kutatások számára. Az ősi búzafajok Bocz Ernő által végzett beltartalmi vizsgálatai fontos adalékokkal szolgálnak a múlt gabonaféléiben rejlő értékek feltárásához. Mindemellett Schermann Szilárd és Brecher Gyula kiváló minőségű magatlaszai segítik a feldolgozó munkát.

Az évtizedekig tartó intenzív feldolgozó munka eredményeképpen számos kisebb tanulmány után nagy átfogó monográfiák születtek a mezőgazdaság növényi makromaradványokban megőrződött történetéről. Előbb P. Hartányi Borbála, Nováki Gyula és Patay Árpád, később P. Hartányi Borbála és Nováki Gyula jelentették meg *Növényi mag- és termésleletek Magyarországon az újkőkortól a XVIII. századig I-II.* címmel tanulmányköteteiket, majd Füzes Miklós foglalkozott a hazai földművelés kezdeti szakaszának (neolitikum és rézkor) növényleleteivel. Utóbb a szerző önálló kézikönyvben foglalta össze a mag- és termésleletek gyűjtésével, meghatározásával, valamint az eredmények interpretációjával kapcsolatos ismereteket.

A modern kor vívmánya, a számítógép Magyarországon is bekapcsolódott a tudományos munkába. Először csak a nyilvántartás és a kiértékelés során volt használatban, napjainkban azonban nagy szerepet kap a statisztikai kiértékeléseknél és az alakítani

vizsgálatok – az ún. morfometriai elemzések – során használatos különböző paraméterek begyűjtésénél, kiértékelésénél is. A képelemzésen alapuló számítógépes meghatározó elkészítése is folyamatban van.

A Magyarországon nemrég kialakult kísérleti régészet is eredményesen vesz részt a régészeti-növényntani feldolgozó munka során felmerült, növénytermesztéssel és növényismerettel kapcsolatos kérdések megválaszolásában (Nemzeti Diverzitás Központ, Matrica Múzeum és Régészeti Park, Nemzeti Íjászsövetség, Magyar Történelmi Íjásztársaság).

Számos mű megjelenése bizonyítja, hogy az archaeobotanikai leleteket is figyelembe vevő növénytörténeti monográfiák milyen nagy érdeklődésre tartanak számot. Gaál László, Kapás Sándor, Surányi Dezső, Surányi Béla kiváló monográfiákban foglalták össze a magyarországi gabona-, zöldség- és gyümölcsstermesztés történetét.

Az archaeobotanikai kutatások napjainkban is folytatódnak, és egyre inkább interdiszciplináris együttműködéssé fejlődnek. A teljesség igénye nélkül feltétlenül megemlítendő, hogy Csapó János a régi növények és ételmaradványok beltartalmi értékeit feltáró analitikai kémiai vizsgálataival, Facsar Géza a magleletek, de különösen a szőlőmaradványok feldolgozásával, Kállay Miklós ampelológiai és borászati kérdések megválaszolásával, Surányi Dezső elméleti kutatási eredményei mellett a régi csonthéjas fajták rekultivációja során nyert tapasztalataival, Szabó István a leletek tanatocönológiai kiértékelésével, Szabó T. Attila etnobotanikai eredményeivel, Terpó András a gyümölcsfajok történeti kutatásában szerzett tapasztalataival, Tóth Endre a leletek interpretációjához nyújtott segítségével,

DEININGER IMRE

(Esztergom, 1844. május 7. –
Budapest, 1918. december 31.)

Komorrai mezőgazdász, agrároktató, a magyar archaeobotanika megalapozója. Tanulmányait a Magyaróvári Felsőbb Gazdasági Tanintézetben végezte. Ezt követően 1871-től a debreceni Felsőbb Gazdasági Tanintézetben dolgozott tanárként és a botanikus kert vezetőjeként. Részt



vett a filoxeravész elleni országos küzdelemben. Később, 1878-tól, az általa alapított magyaróvári Vetőmagvizsgáló és Növényéletani Kísérleti Állomás vezetője, majd 1884-től a keszthelyi Gazdasági Tanintézet igazgatója. Ezt követően 1892-től a gödöllői koronauradalom jószágigazgatója, majd 1899-től egészen nyugdíjba vonulásáig (1914) a Földművelési Minisztérium tisztviselője. Számos tanulmányúton (Dél-Tirol, Németország, Svájc, Belgium, Hollandia, Anglia, Svédország, Norvégia, Dánia) vett részt. Archaeobotanikai munkássága 1876-ban az Aggteleki-cseppkőbarlang növényleleteinek feldolgozásával kezdődött el, majd a felsődobszai, tószegi, Torna-Szádelő-völgyi leleteket dolgozta fel. Utolsó ilyen jellegű munkája 1892-ben jelent meg a lengyeli őskori telep növénymaradványairól. Régészeti-növényntani hagyatéka a Magyar Mezőgazdasági Múzeumban található.

Jelentősebb munkái:

- *A keszthelyi m. kir. gazdasági tanintézet (1865–1885) évkönyve az itt fennálló Georgikon (1797–1848) rövid vázlatával* (1885)
- *Adatok kultúrnövényeink történetéhez. A Lengyel-i őskori telep növénymaradványai* (1892)
- *Tanulmány a búza fölött* (1890), *A m. kir. ménesbirtokok, a gödöllői koronauradalom és a palánkai csikótelep jövedelmezősége az 1896–1908. években* (1911)

FÜZES (FRECH³) MIKLÓS

(Battonya, 1931. november 17. –
Keszthely, 1997. március 25.)

Természettudományos muzeológus, könyvtárvezető, a magyar archaeobotanika egyik legkiválóbb művelője. 1955-ben szerzett középiskolai tanári oklevelet a szegedi József Attila Tudományegyetem Természettudományi Karán. Először tanárként dolgozott Kiskunmajsán, majd 1959-től



a keszthelyi Balatoni Múzeumba került. Feladata az itteni természettudományos gyűjtemények kezelésén kívül a régészeti növénytan kutatómunka megindítása volt. Munkássága nagymértékben hozzájárult a magyar archaeobotanikai kutatás fellendüléséhez. Lefektette a hazai régészeti növénytan alap-elemeit, kutatta a növénytan anyag konzerválódásának okait, megoldotta a begyűjtött anyag tárolásának és nyilvántartásának kérdéseit. Munkássága nem korlátozódott a magvak és termések vizsgálatára: anthrakológiai, xylotómiai és egyéb morfológiai vizsgálatokkal is foglalkozott. Úttörő jelentőségűek a paticsokban talált növényi lenyomatok elemzése terén elért eredményei. Határozókulcsot dolgozott ki a régészeti eredetű szálasanyagok (szövetek, textíliák) eredetének tisztázására. Korai munkáinak sorából kiemelkedik a Keszthely-fenekpuszti késő római belső erőd II. számú ókeresztény bazilikájának ásatása során talált germán eredetű ollótok anyagának meghatározása és rekonstrukciója, a vörsi longobard temető, a jutasi és ösküi népvándorlás kori temetők növénytan marad-

ványainak vizsgálata. A 25 éven át tartó fenékpusztai ásatások során hatalmas mennyiségű mag- és termésleletet gyűjtött. Ezek előzetes vizsgálatára támaszkodva készítette el doktori disszertációját, amelyet 1977-ben a keszthelyi Agrártudományi Egyetemen védett meg. 1979-ben és 1982-ben tagja volt a Majackoje-Gorodistyét feltáró szovjet-magyar régészeti expedíciónak. 1990-ben részt vett a borói régészeti expedíciónban Mongóliában. 1983-tól a keszthelyi Helikon Kastélymúzeum könyvtárának vezetője, majd az időközben átvett volt hercegi kertészet felújítási munkálatait irányította. 1991-től már nyugdíjasként vett részt a Kastélymúzeum parkjának rekonstrukciós munkálataiban. Életművének kiemelkedő eredménye az a két, egyenként száz oldalas publikáció, melyek a Kárpát-medence földművelésének kezdeteivel foglalkoznak.

Jelentősebb munkái:

- Régészeti-növénytanai megjegyzések Moór Elemér: A bor és szőlő c. cikkéhez. *Veszprém Megyei Múzeumok Közleményei* 10 (1971)
- Előzetes jelentés az 1967. évi pogányszentpéteri kolostor-ásatás XVI. század eleji gabonaleletéről. *A nagykanizsai Thury György Múzeum Jubileumi Évkönyve* (Nagykanizsa 1973)
- Egy római katonai expedíció növényi bizonyítékai. *Élet és Tudomány* 25 (1978)
- A földművelés kezdeti szakaszának (neolitikum és rézkor) növényleletei Magyarországon (Archaeobotanikai vázlat). *Tapolcai Városi Múzeum Közleményei* 1 (1990)
- A Dunántúl korai növénytermesztése és növényleletei. A Starčevo kultúra és a „Tapolcai csoport”. *Bibliotheca Musei Tapolcensis* 2 (1991)

Lisztes-Szabó Zsuzsanna a fitolitvizsgálatok kapcsán végzett recens pázsitfügyűjtemény kialakításával, Grynaeus András pedig dendrokronológiai és anthrakológiai vizsgálataival járul hozzá a jelenkor hazai archaeobotanikai kutatásainak sikeréhez.

Gyulai Ferenc, e könyv egyik szerzője 1983 óta foglalkozik régészeti növénytan kutatásokkal. A fent említett Füzes Miklós tanítványaként a keszthelyi ásatások leletanyagain dolgozott, és az archaeobotanikát mint tantárgyat több egyetemen is oktatja. Gyulai későbbi tanítványai, Torma Andrea, K. Berzsényi Brigitta, Dálnoki Orsolya, Lakatos Boglárka a kilencvenes és kétezres években vettek részt makro-archaeobotanikai feldolgozómunkában, s ezt követően több tanulmányuk is megjelent. Jelenleg a Szent István Egyetem Természettudományi és Tájgazdálkodási Intézetében az ott dolgozó oktató-kutatók, PhD-hallgatók és korábban végzett szakemberek együttes munkájának köszönhetően nemcsak integrált archaeobotanikai vizsgálatok és kutatási programok (mag- és terméslemezés, fa- és faszénelemzés, pollenelemzés, fitolitkutatás), hanem régészeti talajtani elemzések is bekapcsolódnak a tudományterület művelésébe. A fent említett intézmények mellett Szegeden Sümegei Pál vezetésével folynak geoarchaeológiai és archaeobotanikai kutatások, amelyekben Persaits Gergő, Herbich Katalin, Náfrádi Katalin és Jakab Gusztáv vesz részt. Újabban Debrecen is meg kell említeni, ahol a szénizotópos kormeghatározás és a mikro-archaeobotanikai vizsgálatok terén szép eredmények körvonalazódnak.

Külföldi kutatók is bekapcsolódtak a feldolgozómunkába: Stefanie Jacomet a Bázeli Egyetemről, Amy Bogaard az Oxfordi Egyetemről és Pomázi Péter szegedi hallgató a magyarországi neolitikus lelőhelyek növénytan anyagát dolgozza fel doktori kutatás keretében Angela Kreuz német archaeobotanikus irányítása alatt Wiesbadenben.

Az archaeobotanika nemcsak a múzeumok tevékenységi körébe illik, hanem számos más intézmény és szervezet munkájához is kapcsolódik, így például az agro-biodiverzitás történeti előzményeinek feltárása szempontjából is fontos. A szántóföldi és kertészeti növények magyarországi génbankjában, a Tápaiószelén működő Növényi Diverzitás Központban megindult projektek a régi magyar tájfajták régészeti korokban meglévő előzményeit kívánják feltárni. Ezen túlmenően a Pannon Magbank Projekt keretében a vadon élő őshonos fajok magvait és terméseit is begyűjtik és elhelyezik a génbankban. A Szent István Egyetem a hagyományos (ökológiai) gazdálkodás értékeinek feltárásával és az értékek átmentésével foglalkozó gödöllői Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézete feladatkörébe integrálta a történeti agro-biodiverzitást mint a magyarországi eredetű őshonos haszonnövényfajták történetének kutatását. Azzal, hogy az Eötvös Lóránd Tudományegyetem (ELTE) Régészettudományi Intézete, a Pécsi Tudományegyetem és a Szent István Egyetem gödöllői Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézete az archaeobotanikát felvette az oktatott tárgyak körébe, tevőlegesen hozzájárult a modern, interdiszciplináris szemléletű szakemberképzéshez és áttételesen az archaeobotanikai kutatások fellendüléséhez.

A Szent István Egyetem Genetika és Biotechnológiai Intézete a legmodernebb biotechnológiai módszerekkel kutatja a régészeti korú magvakban és termésekben rejlő örökítőanyagot. Az archaeogenetikai vizsgálatok eredményeképpen lehetőség nyílt néhány középkori gabona- és zöldségféle (pl. sárga- és görög-dinnye) fajtaazonosítására is. A fenti kutatások vezetője Gyulai Gábor.

Az elmúlt 150 évben mintegy 500 hazai lelőhely mag- és termésmaradványai kerültek feldolgozásra (2. táblázat). Annak ellenére, hogy a vizsgált lelőhelyek nem teszik ki az ismert régészeti lelőhelyeink 1%-át sem, mégis jelentős eredménnyel szolgálnak. Segítségükkel nyomon követhetők mindazok a változások, amelyek a növénytermesztés története és a gyomtársulások időbeli változása során a környezethasználatban végbementek. A kimutatott közel 700 növényi taxon eltérő módon, de jól dokumentált közel 7 millió magja és termése Európa archaeobotanikai szempontból egyik legjobban kutatott országává emelte hazánkat.

A makro-archaeobotanika az elmúlt évtizedekben egyre fontosabb szerepet tölt be a régészeti vizsgálatok berkein belül. A nyugati, elsősorban angolszász régészeti gondolkodás hazánkba történő beszivárgása okán (is) növekszik az igény a természettudományos szemléletmód kiterjesztésére, a természet- és környezettudományos módszerekkel felfejthető információtartalom beépítésére a régészeti interpretációba. A makro-archaeobotanika nagy előnye, hogy még az avatatlan szem is észreveheti a maradványokat az ásatás különböző objektumaiban. A minták nagyon sokszor nem igényelnek különösebb kezelést a begyűjtés során vagy azt követően, ami természetesen nagyban megkönnyíti a terepen végzett munkát. Persze kivételek itt is akadnak (pl. a nedves megtartású növényi részek).

2. táblázat. A régészeti lelőhelyeken talált növényi makromaradványok számának alakulása 1860–2009 között

Korszak	Összes mag (db)	Összes faj (db)	Feldolgozott lelőhelyek száma (db)
Neolitikum	1 454 236	126	87
Rézkor	25 653	46	19
Bronzkor	480 006	258	62
Vaskor	14 786	110	27
Római kor	252 242	136	57
Barbarikum	83 649	147	13
Népvándorlás	276 191	153	34
Honfoglalás – Árpád-kor	95 382	180	49
Késő középkor	4 011 168	363	75
Újkor	289 958	137	13
Bizonytalan korú	10 705	26	20
Összesen	6 993 976	568	456

A maradványok többnyire fajra, alfajra is meghatározhatók, így az egykori vegetációs viszonyok sokszor nagyon pontosan megismerhetők.

Az alábbiakban felsorolt példák jól szemléltetik, hogy milyen, akár világhírűnek tekinthető leletek vagy lelőhelyek vizsgálata során alkalmazták az archaeobotanika tudományát.

- Mocsári hullák (*bog bodies*) vizsgálata. Dán lápokból (pl. Tollund) kerültek elő vaskori emberek részben mumifikálódott maradványai. Velük együtt bél- és gyomortartalmuk is konzerválódott, így több növényfajt is sikerült kimutatni és azonosítani. Ennek segítségével a kutatók azt is meg tudták mondani, hogy mit evett az adott személy a halálát megelőzően.
- Az olasz-osztrák határon elhelyezkedő Ötz-völgy területén megtalált rézkori jégember – népszerű nevén Ötzi – maradványainak és eszközeinek vizsgálata is merőben új eredményeket hozott. A kiváló megtartás (fagy) miatt meg tudták határozni, hogy milyen fából készült az íja, a nyílvevője, a kés- és baltanyele, és milyen lágyszárú fajokkal bélelte a bocskorát. Ennél a vizsgálatnál már megjelent a komplex szemléletű archaeobotanikai feldolgozás is, hiszen szervezetéből polleneket is kimutattak, amiből azt is megállapították, hogy halálát megelőzően milyen vegetációs zónákban járt.
- A gízai piramisok jelenkori ásatásai során is bevetik a makro-archaeobotanikát, hiszen a régóta folyó híres egyiptomi ásatásokon begyűjtött információk ez által is gazdagodnak, főként a növénytermesztés feltérképezése kapcsán.
- A híres mamutlelőhelyek területén, a szibériai Kolyma folyó mellett a permafrosztban (átfagyott talajréteg) a mamut-, gyapjas orrszarvú-, bölény-, szarvas- és lómaradványok mellett ép növényi magvakat is találtak. A szénizotópos kormeghatározás szerint késő pleisztocén (32000–28000 cal BP) korú a leletanyag. A tafonómiát illetően annyit lehet tudni, hogy egy akkoriban élt ürgefaj által kialakított üregrendszer egy részében (raktár) találtak rá a maradványokra, amelyek a fagyás miatt nagyon jó állapotban őrződtek meg. Ebből a leletanyagból meghatározásra került egy habszegfű faj (*Silene stenophylla* Ledeb.), amelynek magját fény- és pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) elemzésnek is alávetették. Később a magvakból aDNS (ancient DNS) izolálására is kísérlet történt.
- Pompei méltán híres lelőhelyéről is kerültek elő kiváló megtartású növénymaradványok (szőlő, füge), melyek az egyéb archaeozoológiai maradványokkal (tengeri sünn váztöredékek, halcsontok) együtt a korabeli kulináris szokásokról nyújtottak információt.

FAANATÓMIA (XYLOTÓMIA)

A faanatómia az alkalmazott botanika azon ága, amely az elfásodott növényi részek belső szerkezetével foglalkozik. Ezzel szemben az anthrakológia (vagy anthrakotómia, [fa]szénelemzés) a faanatómia speciális ága, amely szénült faanyagok vizsgálatával foglalkozik. A fatest felépítésének felderítése már az ókorban megkezdődött, azonban a növényi szervezetet ekkor még az állati szervezettel hozták párhuzamba. Már Theophrasztosz (kb. Kr. e. 371–287), a botanika szülőatyja is foglalkozott a növényi test felépítésével *Historia plantarum* című művében; Plinius Secundus enciklopédista (Kr. u. 23/24–79) pedig részletesen tárgyalta a fatest szerkezetét a *Historia Naturalis*-ban. A faanatómia fejlődése a mikroszkóp feltalálásával (16–17. század fordulója) kapott igazi lendületet. Robert Hooke (1635–1703), a sejt fogalmának megalkotója, a növényi sejt első leírója parafát és szénült faanyagot is vizsgált mikroszkópjával (*Micrographia* 1665). Marcello Malpighi (1628–1694), a mikroszkópos anatómia atyja, az *Anatomia Plantarum* (1675, 1679) szerzője fontos faanatómiai kutatásokat végzett. A fatest és a kéreg vizsgálata során az edények és rostok leírása mellett tárgyalta többek között a bélsugarakat, a tiliszeket, és elsőként fogalmazta meg a fákön belüli nedvkeringést. Nehemiah Grew (1641–1712) az *Anatomy of Plants* (1682) című művében részletesen foglalkozott az egyes növényi részek anatómiájával, elsőként írta le a pollen mikroszkópos képét és a kambiumot, továbbá mikroszkópos rajzain ábrázolta a rostokat, edényeket, parenchimat. Az első önálló faanatómiai kötetet John Hill (1714–1775) készítette el *The Construction of Timber* (1770) címmel, és elsőként foglalkozott az évgyűrű belső szerkezetével.

A 19. században már egymást követték a faanatómiai felfedezések, továbbá megjelent a szénült faanyagok vizsgálata is: Giovanni Passerini (1816–1893), Oswald Heer (1809–1883), majd a 20. század elején Henri Breuil (1877–1961) munkáiban. Az anthrakológia fejlődésével kapcsolatban megemlítendő Sir

Edward James Salisbury (1886–1978) és Frank W. Jane, akik először végeztek faszénre alapozott ökológiai elemzést. A 20. század során egyre nagyobb hangsúlyt kapott a szenült faanyagok vizsgálata, illetve az eredmények ökológiai értelmezése. A tudomány és a laboratóriumi technikák fejlődésével egyre nagyobb tömegű minta vizsgálata és kiértékelése vált lehetővé. Magyarországon főként a faanatómusok foglalkoztak szenült faanyagok vizsgálatával.

A magyarországi faanatómiai kutatás és oktatás kialakulása a selmecbányai Akadémiához köthető. Tuzson János (1870–1943) 1899-ben a vörösfenyő anatómiájából és fiziológiájából doktorált, a bükk álgesztésedésével kapcsolatos munkája Európa-szerte ismertté tette. Vadas Jenő (1857–1922) nevéhez fűződik a fehér akác anatómiai sajátosságainak leírása. Mágoicsy-Dietz Sándor (1855–1945) foglalkozott a gesztésedés és az évgyűrűsélesség faminőségi összefüggéseivel. Az első hazai faanatómiai könyvet Kövessy Ferenc (1875–1945) jelentette meg *A fák anatómiája és fiziológiája* címmel 1908–1909-ben. Hollendonner Ferenc (1882–1935), a korszerű hazai növényiszövevénytan megalapítója 1913-ban jelentette meg *A fenyőfélék fájának összehasonlító szövettana* című alapművét. Kidolgozta az elszenesedett fák mikroszkópos vizsgálatának módszertanát (*A magyarországi prehisztórikus fák és faszének mikroszkopikus vizsgálata*, 1926), feldolgozta számos ásatás famaradványait a Bükk-hegység barlangjaira koncentrálnak. Munkássága során faszénmaradványok vizsgálata révén fontos következtetéseket vont le a magyarországi ősember korának éghajlatáról és vegetációjáról. A faanatómia tudományának egyik legkiemelkedőbb képviselője Greguss Pál (1889–1984), akinek munkássága példaértékű. Sárkány Sándor (1906–1996) foglalkozott a fák szövettani összehasonlító vizsgálatával hazánkban és külföldön, továbbá Stieber Józseffel, a magyarországi anthrakológia legkiemelkedőbb kutatójával együtt vizsgálta a Remete-barlang és az Istállóskői-barlang faszeneit. A hazai faanatómia történetében jelentős szerepet játszott Sárkány Pál (1921–2000) és Babos Károly (1938–2005). Babos Károly faanatómiai munkásságán belül szintén foglalkozott régészeti faanyagok vizsgálatával. A faanatómia tekintetében mindenképpen meg kell említeni Babos *Faanyagismeret és fafaj-meghatározás restaurátoroknak*, illetve Molnár és munkatársainak *Faanatómia* című munkáját, a faszénelemzéssel kapcsolatban pedig Náfrádi Katalin munkásságát.

A különböző módokon konzerválódott (szubfosszilis, fémkorróziós, szenült, illetve kövült) faanyagok vizsgálatán keresztül lehetőség nyílik a múlt vegetációjának, éghajlatának, valamint a fásszárú vegetációra gyakorolt emberi hatások rekonstruálására. Jobban megismerhetővé válnak az egykori erdő- és fahasználati módok, technikák, valamint egyes települések, népek térbeli kapcsolatai.

Mint bármilyen más vizsgálati objektum esetében, a faanyagokból származó eredmények értékelésénél is számos szempontt figyelembe kell venni a minta (illetve a mintát befoglaló objektum, a tárgy stb.) alapvető megfigyelésén túl: a lelőhely adottságait, környezetét és annak geomorfológiáját, a befoglaló tájat, az előkerülés körülményeit, a növényfajok ökológiai igényeit, s ezzel párhuzamosan a vizsgált korrall és annak éghajlatával kapcsolatos kutatási eredményeket, az egyes fajok jelenlegi és múltbéli felhasználási körét, jelentőségét.

Az egykori növénytársulások rekonstruálása esetén számos olyan szempont van, amelyet figyelembe kell venni. A tüzelésre használt faanyagok régészeti szempontú vizsgálata során több kutató is az alábbi szempontrendszer adaptálását tartja eredményre vezetőnek: az egyes fajok elérhetősége, a fa fizikai és egyéb tulajdonságai, az állományok kora, az állományok szerkezete, egyes fajok regenerációs

ANDREW ELLICOTT DOUGLASS

(1867–1962)

Csillagász, régész, a dendrokronológia tudományának úttörője és az első, évgyűrűk vizsgálatával foglalkozó intézmény, a Laboratory of Tree-Ring Research (Arizoniai Egyetem, Tucson) alapítója. Vizsgálta a csapadék és a fásszárúak növekedése közötti kapcsolatot, és csillagászati megfigyeléseivel párhuzamosan évgyűrűminták gyűjtésébe kezdett. Elsőként bizonyította azt az elméletet, hogy a napfolttevékenység ciklusossága hatással van a földi klímára, és így a vegetációra. Tovább folytatva vizsgálatait, a napfolttevékenység ciklusossága kapcsán fordult figyelme az egyre régebbi faminták felé. A kereszt dátumozás (*cross dating*) mint dendrokronológiai módszer feltalálója. Munkásságának kiemelkedő eredménye, hogy a kereszt dátumozás révén összeállította nyolc prekolumbiánus pueblo év pontosságú teljes kronológiáját, továbbá a terület több mint 1200 évre kiterjedő folyamatos kronológiáját.



BABOS KÁROLY

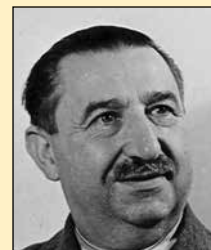
(1938–2005)

Biológia tanár, növényanatómus. Széles és szerteágazó munkássága a fászszerű növények felépítésének, strukturális sajátosságainak kutatása köré összpontosult. Vizsgálta a növényi sejt, a faanyagok anatómiai és fizikai-mechanikai tulajdonságait. Összehasonlító xylotómiai vizsgálatokat végzett azonos fajhoz tartozó, de különböző termőhelyről, körülmények közül származó fákön. Kutatásokat végzett az évgyűrűszélesség és a csapadék, illetve az évgyűrűszélesség és a napfolttevékenység közötti összefüggések témájában. Számos hazai és trópusi faj anatómiai sajátosságait, továbbá számos régészeti faanyagot vizsgált. A magyarországi faanatómia tudományának kiemelkedő művelője, számos nagy jelentőségű szakcikk, szak- és tankönyv szerzője, társszerzője.

**GREGUSS PÁL**

(1889–1984)

Botanikus, növénygenetikus. Kiemelkedő munkássága legfőképp a növény szerkezettan és a növényi genetika területére terjedt ki, de foglalkozott többek között tájféldrajzzal, a növényi szövetek vizsgálatának módszertani kérdéseivel. Az első növényörökléstani tankönyv szerzője. Új eredményeket ért el a fászszerűak szövettani meghatározásának témájában, elkészítette a magyarországi és közép-európai lombos fák és cserjék határozókulcsát. Külön figyelmet szentelt a nyitvatermők faanatómiai vizsgálatának, továbbá számtalan ősnövényi maradvány és régészeti faanyag vizsgálatát is elvégezte. A xylotómiai kutatások nemzetközi szinten is elismert kutatója, A növények csodálatos élete (1933) című műve a magyar természettudományos irodalom egyik klasszikusa.



képessége. Ezen szempontok egy része nemcsak a tüzelésre használt faanyagokra alkalmazható, hanem a régészeti faanyagokra is, hiszen a funkció, a tulajdonságok, a legközelebbi előfordulás stb. meghatározzák az egyes fajok felhasználhatóságát, illetve iránymutatást adnak az eredmények értékelésénél.

A szenült maradványok alapján végzett növényzeti rekonstrukció feltételeit az alábbiak szerint lehet összefoglalni: szigorú terepi mintavételi eljárások, régészeti lelőhelyek esetén az emberi szelekció figyelembe vétele, összehasonlítás más lelőhelyek anyagaival, a jelenlegi vegetáció figyelembe vétele, egyéb paleokörnyezeti információk figyelembe vétele, integrálása, megfelelő mennyiségű szenült faanyag a statisztikai kiértékeléshez.

Számos nézőpont, illetve igen aktív szakmai vita alakult ki a famaradványok vegetációrekonstrukciós felhasználásának témakörében, és mivel erőteljesen fejlődő tudományterületről van szó, a vita korántsem tekinthető lezártnak. Emiatt a legszigorúbb mintavételi és feldolgozási protokollok mellett figyelemmel kell kísérnünk a tudomány hazai és nemzetközi fejlődését, főképp a kiértékelési lehetőségek és az adatok felhasználásnak, alkalmazhatóságának tekintetében.

Az adatok kvantitatív értékelése (fajhoz rendelhető darabszám, százalékos megoszlás különböző viszonylatokban) az egyik legalapvetőbb és legnagyobb biztonsággal elvégezhető módszerkör, amelyből – az eredmények interpretálása, a feltételek teljesülése és a szempontok figyelembe vétele esetén, természetesen a tudományosság kritériumainak betartása mellett – megfelelő szintű következtetések vonhatók le. A levont következtetések pedig még szilárdabban támogathatók vagy cáfolhatók, ha mind több tudományterület eredményeivel vetjük össze azokat. Az bizonyos, hogy a régészeti faanyagokból származó információ rendkívül fontos az egykori vegetáció és az azzal kapcsolatos emberi tevékenység rekonstruálása szempontjából, így ez igen fontos eleme a komplex, integrált archaeobotanikai vizsgálatoknak.

A MAKRO NÖVÉNYI MARADVÁNYOK MEGTARTÁSI FORMÁI

Ebben a fejezetben azt szeretnénk röviden bemutatni, hogy melyek is azok a jelenségek, illetve folyamatok, amelyek lehetővé teszik, hogy a több ezer éve élt növények bizonyos részei konzerválódjanak.

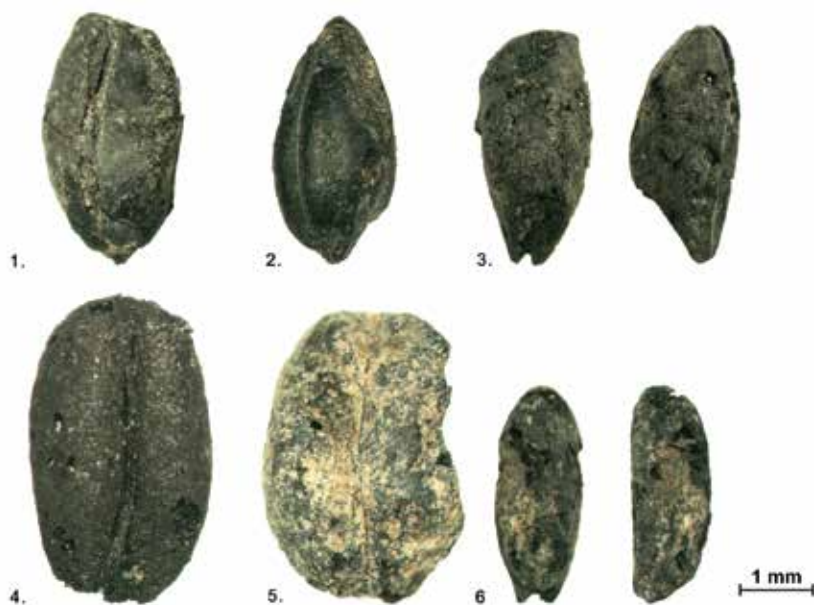
Alapvetően két fő megtartási forma létezik. Az egyik esetben az adott növényi részt valamilyen külső behatás éri, amelynek következtében nem bomlik el, tehát később az archaeobotanikus ezt a maradványt vizsgálja meg. Az ilyen konzerválódást direkt megtartási formának nevezzük.

A másik lehetőség, amikor az adott növényi részt valamilyen anyag körülveszi vagy kitölti belülről. Ez később megszilárdul (kiszárad, ásványosodik stb.), és a növényi rész a korábban valamiféle puhább állagú, de megszilárduló anyagba ágyazódik, záródik. A magok, termések stb. lebomlását követően visszamarad a szervesetlen beágyazó vagy befoglaló közeg, amely magán (vagy magában) hordozza az egykori szerves anyag alaktani jellemzőit. Tehát az archaeobotanikus ilyenkor egy sablonszerű formát vagy lenyomatot vizsgál. Ez az indirekt megtartási forma.

DIREKT MEGTARTÁSI FORMÁK

Szenülés (égés, égetés hatására) (4. ábra)

A hazai klimatikus viszonyok mellett a leggyakoribb megtartási forma a növényi anyagok szenülése, de ez elmondható a Föld hasonló éghajlati és talajtani viszonyokkal rendelkező lelőhelyeiről is az Egyesült Államoktól Japánig. A szenülés a tökéletlen égés során alakul ki, vagyis oxigénmentes környezet szükséges a folyamathoz, amelynek során a szerves anyag szénné oxidálódik. Az így konzerválódott magok, termések stb. többnyire jól határozhatók, hiszen a fajra jellemző bélyegek nagy része megmarad. Sokszor még a finom szőrök is konzerválódnak. Ám olykor az alaktani jegyek erősen módosulnak, hiszen a hő hatására főleg a magok és a termések sokszor felhasadnak, így a belső állományuk (endospermium) kitüremkedik (ugyanaz a folyamat játszódik le a pattogatott kukorica esetében is, amikor a nagy fehérjetartalom miatt a hő hatására lényegében szétrobban a szemtermés). Az ilyen állapotban lévő propagulumok nehezebben határozhatók. A szenült faanyagokon friss törési felület kialakításával nagyon jól el lehet végezni a fajbeazonosítást. Egyes nézetek szerint a talajban az évezredek során a nyomás hatására is végbemehet a sze-



4. ábra. Szenült megtartású gabonamaradványok Százhalombatta 6285. számú objektumának feltárásából.

1. Közönséges árpa (*Hordeum vulgare* L. subsp. *polystichum*), 2. alakor (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*), 3. tönke (*T. turgidum* L. subsp. *dicoccum* [Schrank] Thell.), tönköly (*T. aestivum* L. subsp. *spelta*), 5. közönséges vagy vetési búza (*T. cf. aestivum* L. subsp. *aestivum*); 6. búza jellegű (*Triticoid*) szemtermés

nülés, de nagyobb a valószínűsége, hogy a régészeti objektumok növényi anyagát valamilyen természetes (villám okozta tűzvész) vagy mesterséges eredetű tűz (pl. szándékos égetés, ellenséges támadások stb.) tartósította. Az ilyen leletek jól kezelhetők terepen, de durva behatásra könnyen eltörhetnek.

A Kárpát-medencében előkerülő régészeti faanyagok leggyakrabban három fő megtartási formában kerülnek elő. Ezek közül legjellemzőbb a szenülés, amely a faanyag (lehet élő, kivágott vagy kiszáradt) hő hatására bekövetkezett pusztulása révén jön létre elégtelen mennyiségű oxigén jelenlétében. A folyamat során az égési hőmérséklet szempontjából négy fő állomás különíthető el:

1. 200 °C-ig dehidratáció
2. 200–280 °C között szenült faanyagképződés
3. 280–500 °C között pirolízis
4. 500 °C felett égés

Az utolsó folyamat során oxigén jelenlétében a faanyag hamuvá ég el, de a túl magas hőmérséklet az oxigén hiányában létrejövő szenült faanyagot is felismerhetetlenné teszi. A megőrződés, így a határozás szempontjából kiemelkedő jelentőségű a szenült faanyag állapota, megtartása, amit mind a szenülés, mind a befoglaló közeg jelentősen befolyásol.

A régészeti lelőhelyekről előkerülő szenült faanyagok két különböző típusba sorolhatók a lerakódások szempontjából: rövid távú és hosszú távú lerakódások. Előző esetben a szenült anyag eseményekhez köthetően, koncentráltan kerül elő, míg utóbbi esetben inkább egy korszakot jellemeznek a szórtan előkerülő minták.

Szubfosszilis állapot (víz hatására történt konzerválódás) (5. ábra)

Ez a megtartási forma a vízzel borított vagy vízzel átjárt talajú, hűvös klímájú lelőhelyekre jellemző. Elsősorban a tavak, mocsarak, lápok mentén, de erősen beiszapolódott kutak, árkok, csatornák, ciszternák esetében is találkozhatunk szubfosszilis állapotban fennmaradt leletekkel. Lényegében az oxigénmentes környezetben a lebontó szervezetek inaktívak. Nagyon óvatosan kell kezelni az ilyen leleteket, célszerű vízben vagy sóoldatban tartani a maradványokat. Amennyiben elvesztik víztartalmukat, összeesnek, törékennyé válnak, sérülnek, az azonosításhoz nélkülözhetetlen morfológiai jegyek elvesznek. A víz hatására szubfosszilis állapotban előkerülő faminták általában a talaj mélyebb rétegeiben a talajvíz hatására vagy valamilyen vizes környezetben (pl. felszíni víz vagy kút) konzerválódnak. A faanyagot teljesen átjárja a víz,



5. ábra. Vizes megtartású görögdiinnyemagok (bf) és mogyoró termésmaradványok (jf) Sárospatak, ágyúöntő műhely lelőhelyről, valamint deformálódott, víz hatására konzerválódott faanyag mikroszkópi képe (a)

aminek hatására oxigéntől elzárt állapot következik be, így a bomlási folyamatok jelentősen lelassulnak. Például a kocsányos tölgy faanyaga a szabadban kb. 85 évig, míg vízben 500, állandóan száraz körülmények között 800 évig is eltartható. Mindazonáltal hazánkban a legrégebbi fából készült bodonkút Kr. e. 5400-5200-ból származik. A víz hatására a faanyag megpuhul, így a befoglaló környezet, majd később a tárolás hatására deformálódhat.

További érdekes vizes megtartású leletegyüttes került elő Budavár középkori kútjaiból. Az itt megtalált sárga- és görögdinnye-magokat archaeogenetikai elemzésnek is alávetették, amelynek során rokoni kapcsolatokra próbáltak fényt deríteni a középkorban fogyasztott dinnyefajok/fajták kapcsán. A Balaton környéki lelőhelyek (pl. Fonyód-Bélatelep) is gyakori ez a megtartási forma. Olykor levelek és nagyobb méretű növényi maradványok (pl. levelek, ágak, lopótök termésének darabja) is konzerválódhatnak ilyen körülmények között.

Szikkadás vagy kiszáradás (6. ábra)

Az előző megtartási formával ellentétben itt eltávozik az összes víz a növényi vagy növényi eredetű maradványokból. Ilyen megtartásra elsősorban arid, illetve szemi-arid klímájú földrajzi régiókban (pl. sivatagokban) kerül sor (pl. tésztaletek Kínából), de a szél által átjárt hegycsúcsokon és favázás szerkezetű épületek esetében is létrejehet hasonló konzerválódás.

Hideg általi konzerválódás (alacsony hőmérséklet, fagyás)

A fagyasztás, illetve lehülés lassítja vagy megállítja a bomlási folyamatokat. Ilyen jellegű leletek hazánkban nem, de külföldön, több helyen is előfordulnak. Gondoljunk csak a fent is említett Ötzi és a szibériai permafrosztban talált szegfű esetére.

Mineralizáció (foszfátok, meszes anyagok hatására)

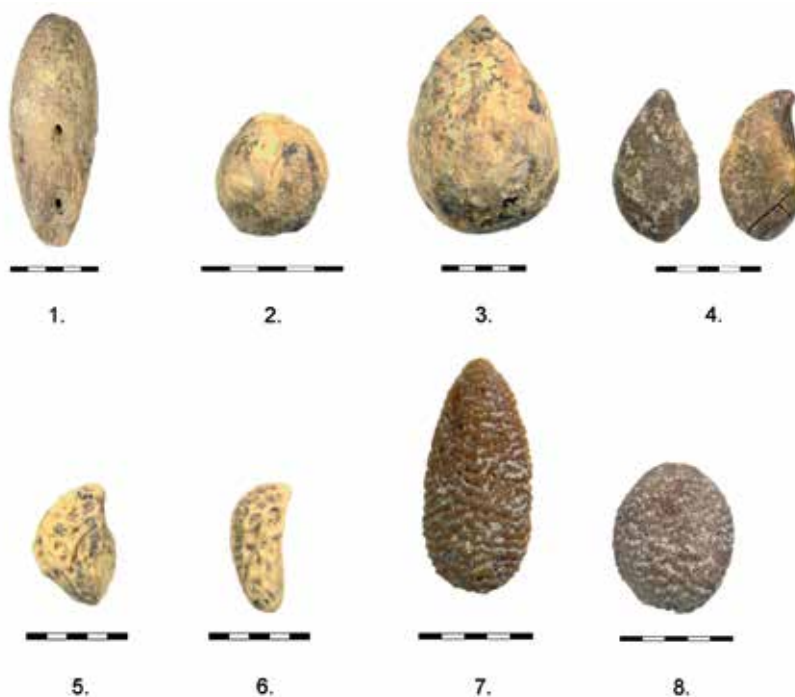
Az ily módon fennmaradt növényi eredetű maradványok belsejében ásványi anyagok (főként kalcium- és foszforsók) rakódnak le, válnak ki evaporáció útján, ezáltal a lebontó organizmusok számára nem felhasználható és nem hozzáférhető a növényi szerves anyag. A mineralizációval konzerválódott maradványok a lerakódások miatt sokszor nem azonosíthatók pontosan (többnyire csak nemzetség szintjén). A foszfor az állati és emberi ürülékből, a kalcium pedig a csontok mellett a talaj szénsavas mésztartalmából is származhat.

Só általi konzerválódás

A talajban különböző sók jöhetnek létre (fémsók és amfid sók egyaránt). Az ilyen közegben a lebontási folyamat megszűnik, így az itt található szerves anyagok, köztük a növényi maradványok is megőrződhetnek.



6. ábra. Kiszáradt tésztamaradványok (A – 1-5., B) és kásátöredék Astana Cemeteries (Kína) lelőhelyről



7. ábra. Vác-Piac utca lelőhelyről előkerült vaskorróziós megtartású gyümölcsfajok maradványai. 1. Sóskaborbolya (*Berberis vulgaris* L.), 2. veresgyűrű som (*Cornus cf. sanguinea* L.), 3. füge (*Ficus carica* L.), 4. nemes alma (*Malus domestica* Borkh.), 5. cseresznyeszilva (*Prunus cf. cerasifera* Ehrh.), 6. saj- vagy törökmeggy (*Prunus mahaleb* Mill.), 7. hamvas szeder (*Rubus caesius* L.), 8. málna (*Rubus idaeus* L.). Lépték = 2 mm

Fémkorrózió (vas-, bronz-, réz korróziója, fénoxidok) (7. ábra)

A régészeti objektumokban nagyon gyakran találni fémtárgyakat, amelyek a talajvízzel reagálva fénoxidokat hoznak létre (pl. rozsdá) az aktív felületeken, így a vas-, bronz- és réztárgyak közelében a szerves anyagok felületén és belsejében is képződhetnek fénoxidos bevonatok, átitatódások. A fémek a talajban élő lebontó szervezetek számára toxikusak, tehát azokon a helyeken, ahol ilyen jellegű oxidképződés van, a szerves anyagok lebontása megáll, illetve megszűnik, aminek hatására az egykori szerves maradványok (bőr, magvak, fa, textil stb.) szinte érintetlenül fennmaradnak az utókor számára. Az így konzerválódott növényi makromaradványok többnyire jól vizsgálhatók, jó hatásfokkal határozhatók, hiszen sokszor csak vékony bevonat képződik a felületükön. Ugyanakkor az is előfordulhat, hogy az igen erőteljes rozsdásodás teljesen eltorzítja a maradványok morfológiai jegyeit. Ilyen leletekkel találkozhatunk a Vác-Piac utca egy telkén végzett feltárás során is (lásd III. fejezet).

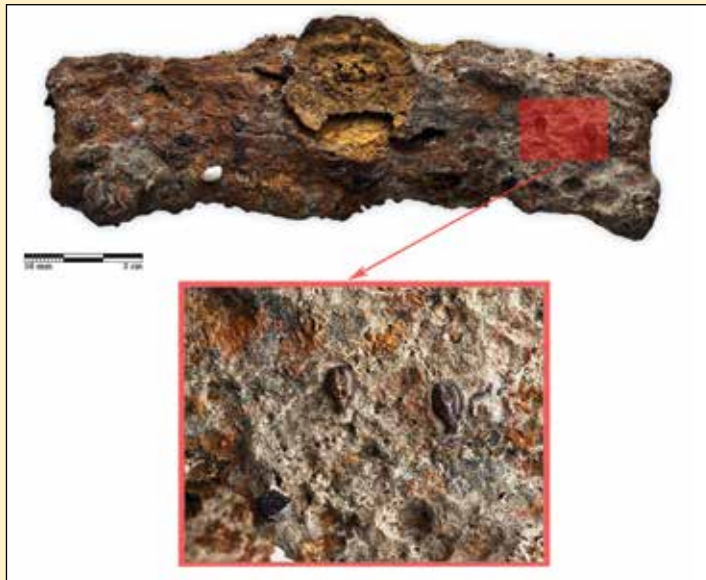
INDIREKT MEGTARTÁSI FORMÁK

Különböző növényi részek megőrződhetnek indirekt módon úgy, hogy valamilyen lágy anyag, amely később megszilárdul, körülöleli, vagy kitölti azokat, illetve a növényi rész belenyomódik a felületbe, majd később elbomlik. Ennek megfelelően három különböző indirekt megtartási formát különíthetünk el: a lenyomatot, a negatívot és a kitöltést. Nagyon gyakran találkozhatunk gabonaszemek, pelyvalevelek, ágak, falevelek, pázsitfűfélék szármagmaradványainak lenyomatával sütőharangok és egyéb kerámiák felületén vagy paticson. Ám ezek a „maradványok” csak úgy vizsgálhatók, ha szilikongumival kiöntjük az adott területet, és megpróbáljuk visszanyerni az eredeti formát, amely már úgy elemezhető, mintha egy tényleges növényi rész lenne. Ezt a típusú feldolgozó munkát hazánkban egyelőre kevésbé művelik. Korábban Füzes Miklós végzett ilyen jellegű vizsgálatokat. A Balatoni Múzeumban őrzött hagyatéki anyagában több ilyen szilikonformát is találni.

Gyakran egy lelőhelyről több különböző megtartású növényi maradvány is előkerülhet attól függően, hogy melyik objektumban éppen mely folyamatok voltak a jellemzőbbek.

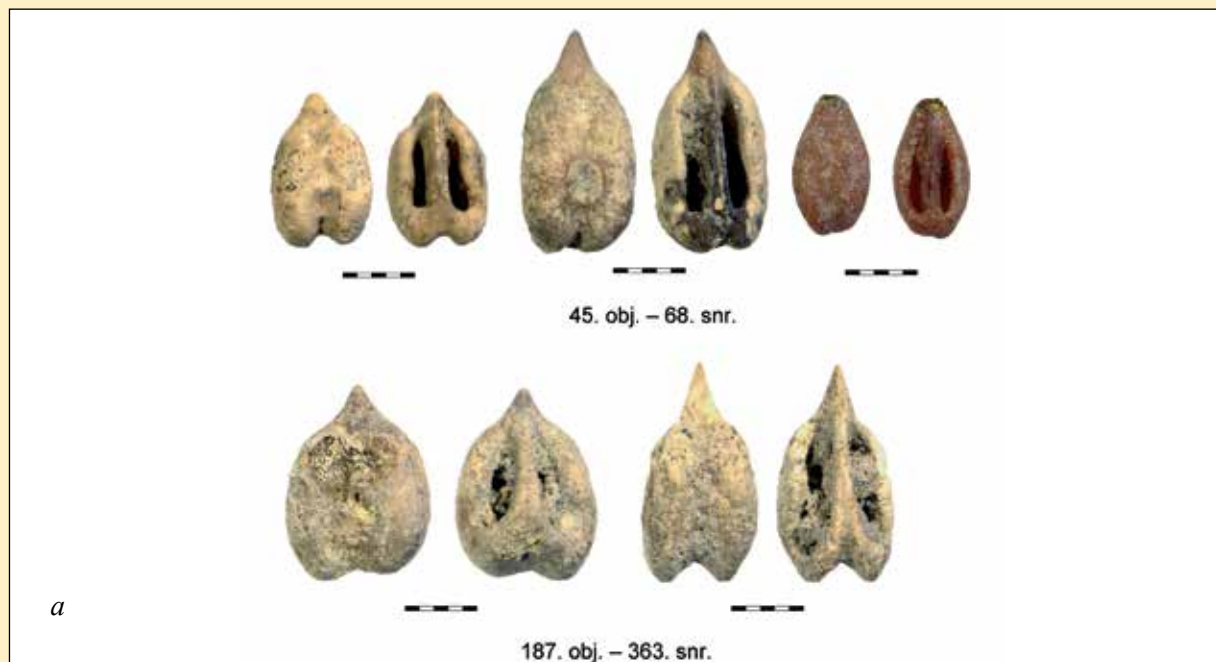
KÜLÖNLEGES MEGTARTÁSI FORMÁK HAZAI ESETEI

Vaskorrózió: A vastárgyak jelenléte során egyes szervesanyag-maradványokat – így például magokat, terméseket, bőrmaradványokat, fát vagy akár rovarok maradványait is – átítathatja, bevonhatja a rozsdával, s ezáltal megőrződnek az utókor számára. Az alábbiakban néhány Vác-Piac utca középkori lelőhelyről előkerült érdekes, vaskorrózió által fennmaradt leletet mutatunk be.



Az eszközt bemutató felső ábrán az egykori fa nyéltörédékek konzerválódása is kiválóan megfigyelhető. Az állatvakaró restaurálása közben a rozsdás belső rétegeiből sárgadinnyemag és fügecsontárok is napvilágra kerültek. A váci feltárás különböző gödörobjektumaiból több, különböző fajtához köthető szőlőmag endospermium, valamint az erjedő gyümölcsökön kialakult gombákkal táplálkozó muslica lárvái és bábjai is előkerültek ebben a különleges megtartási formában.

8. ábra. Vác-Piac utca lelőhelyen feltárt középkori ciszternából előkerült állatvakaró szerszám és a felületéhez korrodálódott kerti szőlőmagvai és faszéntörédékek



9a, és 9b ábra. Vác-Piac utca lelőhelyen feltárt középkori ciszternából előkerült mineralizálódott szőlőmag endospermiumok (ún. koponyásodott magok), illetve muslica (*Drosophyla* sp.) maradványok

Szubfosszilis állapot (víz hatására megvalósult konzerválódás): A vizes talajok, lápok, kutak, ciszternák esetében gyakori megtartási forma ez. A légmentes körülmények miatt a lebontó organizmusok nem aktívak, így az egykori szerves anyagok lényegében eredeti formájukban őrződnek meg. Ismert nemzetközi példa erre a dániai mocsári hullák esete, amelyek bélrendszerében sok vadonélő növény magját és termését tudták kimutatni. A délnémet és svájci cölöpépítmények környezetéből (Magyarországon erre jó példa Fonyód-Bélatelep) is igen gyakran ilyen állapotban kerülnek elő a növényi maradványok.

A hazai lelőhelyek közül az egyik legérdekesebb vizes megtartású leletegyüttes az M3-as autópálya Nyíregyháza–Vásárosnamény közötti szakaszán Pócspetri határában feltárt 210. lelőhelyről került elő. Egy középkori edényben több száz falevél és növényi mag/termés mellett egy közel 10 cm átmérőjű lopótök (*Lagenaria* sp.) terméshéja került napvilágra. A szubfosszilis állapotban előkerült leletek igen körültekintő tárolást és kezelést igényelnek. A vizes közegből kiemelve könnyen kiszáradnak és szétporlanak. Ellentétben a mineralizálódott vagy szenült megtartási formával, a szubfosszilis maradványok kiemelkedően fontos tulajdonsága, hogy akár DNS kivonás is megvalósítható belőlük.



10. ábra. Vizes megtartású levélmaradványok Pócspetri határából



11. ábra. Lopótök (*Lagenaria siceraria* [Molina] Standl.) héjának vizes megtartású maradványa Pócspetri határából

Szikkadás: A hazai archaeobotanikai kutatás egyik legérdekesebb témájú vizsgálatosorozata és együttműködése a Szépművészeti Múzeum Egyiptomi Gyűjteményében található gabonamúmiákhoz kapcsolódik. A több mint kétezer éves, Ozirisz kultuszhoz köthető rituális tárgyak talajból és gabonaszemekből készített szobrocskák, amelyeket az emberekhez és állatokhoz hasonlóan mumifikáltak, majd egy díszes szarkofágba helyeztek. Az Egyiptomi Gyűjtemény két ilyen szobrocskát birtokol, amelyekben szikkadt, de jó megtartású száraz árpaszemek találhatók, tehát a mumifikálás során alkalmazott bandázsolás, kátrányozás lehetővé tette, hogy zárt, de ugyanakkor száraz körülmények között a szemtermések megőrződjenek.



12. ábra. Az Egyiptomi Gyűjtemény két gabonamúmiájának egyike. Súlyomfejű szarkofággal és Ozirisz maszkkal látták el, belsejében több száz kicsírázott árpaszem található



13. ábra. Szikkadás hatására konzerválódott kétsoros árpaszemek a Szépművészeti Múzeum gabonamúmiájának belsejéből. A speciális eljárás és a száraz, meleg klíma hatására még a finom, hajszálvékony gyököcskék és csirakezdemények is megmaradtak

MINTAVÉTELI MÓDSZEREK A MAKRO-ARCHAEBOTANIKAI VIZSGÁLATOKHOZ

Az alkalmazott mintavételi módszereket elsősorban a felmerülő régészeti, illetve környezettörténeti kérdés határozza meg. A mintavételi módszerek elméleti determináltságán túl a gyakorlatban az ásatáson feltárt jelenségek, objektumok tulajdonsága, mennyisége befolyásolja az egyes mintavételi eljárások alkalmazását. Befolyásoló tényező továbbá az is, hogy a lelőhely alapján milyen megtartási formák előkerülését valószínűsíthetjük. Vizes környezetben másként kell begyűjteni a mintákat, mint száraz vagy éppen csak nedves talajokból. A régészeti feltárás közben folyamatos egyeztetés szükséges a régész és az archaeobotanikus között, hiszen a megfelelően megválasztott mintavételezésen sok múlhat. A mintavétel lényege, hogy a feltárt területről minél több és minél jobb információt nyerjünk ki. E módszer függ tehát az adott régészeti jelenség kiterjedésétől, szerkezetétől és attól is, hogy mit szeretnénk megtudni az adott területtel kapcsolatban. Mit természetek? Mit ettek? Milyen vegetáció vette őket körül? Milyen növényeket helyeztek el a sírokban mellékletként?

A felvételezendő talajmennyiség sok mindentől függ. Egyes adatok szerint 4 kilogrammnyi talajminta egy-egy rétegből, foltból elegendő lehet, ám sok esetben egységesen 10 liter (egy vödörnyi) mintát gyűjtenek be az ásatáson dolgozók. Külföldi szakirodalmak szerint a kisebb minták (*biological sample*) általánosan elfogadható mérete 0,5–1(–5 kg), míg a nagyobb mennyiségű minták (*bulk sample*) a nagyobb magvak és termékek esetében jobb megoldásnak bizonyulhatnak, ám ilyenkor a felvételezendő mennyiség akár 15–150 kilogramm is lehet! A mintavételi mennyiség sok mindentől függ, a helyszíni adottságokhoz kell igazodni.

VÉLETLENSZERŰ MINTAVÉTELEK

Mintavétel fúrásból

Nagy átmérőjű geoarchaeológiai fúrómagok felvételekor lehetőség nyílik növényi makromaradványok vizsgálatához elegendő talaj, természetes, illetve antropogén üledék begyűjtésére is. Egy ilyen módszernél fontos a fúrási pontok kiválasztása, de ez esetben úgyszólván a régészeti talajtani kérdéssel lesz a meghatározó (14. és 15. ábra).



14. ábra.

a) Gépesített sekély földtani fúrás egy nyírségi üledékgyűjtőben, illetve egy feltárt magminta habitusképe
b) Fúrótorony összeállítása a Mohos tőzegmohalápon, illetve a Mohos tőzegmohalápon mélyített fúrás által felszínre került fúrásmag, tőzeg-tavi üledékátmenettel (Csomád-hegység, Keleti-Kárpátok)

15. ábra. Kézi kanálfűrő alkalmazása előzetes régészeti dokumentációhoz (ERD) az adott terület régészeti talajtani viszonyainak és lehetséges kultúrrétegeinek feltérképezéséhez



Mintavétel régészeti objektumból

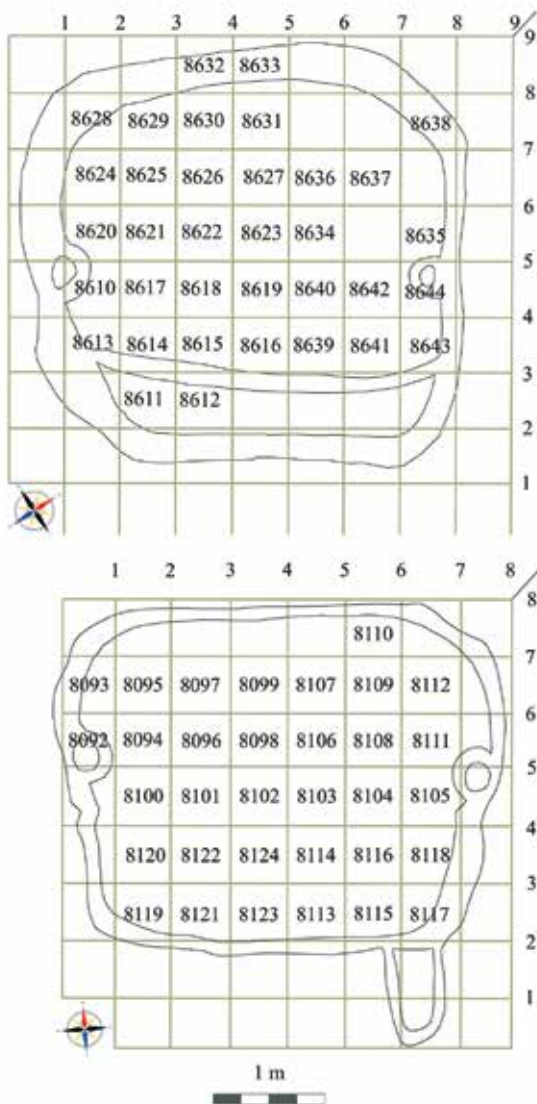
Amennyiben a terepi munka során olyan jelenségeket észlelünk, amelyek nagy valószínűséggel makroszkopikus növényi maradványokat rejtenek (hamus, szenes foltok, magvak, vastag szervesanyag-réteg stb.) (16. ábra), akkor a mintavétel közvetlenül ezekből a foltokból történik. Az ilyen mintavétel költségkímélő, és a leletmentő ásatások egyik megoldása is lehet.



16. ábra. Közvetlen mintavétel egy kemence környezetéből



17. ábra. Metszetre bontást követő, vertikális (stratigráfiai) szempontok szerinti mintavételezés előkészületei



18. ábra. Félig földbemélyített épületobjektumok (veremházak) egykori járószintje teljes megmintázásának elvi vázlata (raszteres mintázás)

SZISZTEMATIKUS MINTAVÉTEL

Gödrök, árkok

Egy jól lehatárolható gödör (szemetes gödör, gabonátároló verem) vagy árok betöltését úgy is vizsgálhatjuk, hogy tartalmából szisztematikusan (stratigráfia vagy réteg szerint) veszünk mintát (17. ábra). Sokszor az ilyen objektumoknál metszetsfalat hagynak, így a különböző betöltések, betöltődési fázisok egyértelműen láthatók. Az ilyen jellegű mintavételnél különösen fontos, hogy az alapadatok mellett a mélységi adatokat is feltüntessük a leletkísérő lapokon és a mintatároló zacskó felületén is. Fontos megjegyezni azt is, hogy metszetsfal esetén letről felfelé érdemes a mintát venni, hogy az alsóbb rétegek ne kontaminálódjanak a felsők talajanyagával.

Házak, egyéb épületek

A házak és egyéb épületek esetén legtöbbször az a fő kérdés, hogy mire is használták az adott épületet. Hazánkban egyre inkább feltörekvő félben van a belső tér használatának elemzése, amely az archaeobotanikai (mikro és makro egyaránt), valamint a régészeti talajtani módszerek (kémiai és fizikai paraméterek) komplex alkalmazása. Egy ilyen összetett vizsgálati típusnál különösen fontos, hogy megfelelő mintavételezési módszert alkalmazzunk (18. ábra). Ez esetben a különböző fizikai és kémiai talajtani, illetve mikro-archaeobotanikai vizsgálatokhoz külön talajminták begyűjtése szükséges a szokásos normál archaeobotanikai mintákon kívül. Az épület méretétől, illetve a költségvetéstől függ, hogy egy ház padlórétegének (vagy ennek híján betöltésének) megmintázása a két alábbi fő irányvonal mentén végzendő-e el:

- Teljes mintavétel:

A ház alaprajzát egyforma méretű mintavételi egységek (pl. 0,5 × 0,5 m) által alkotott hálóval osztjuk fel, és minden négyzetből (esetleg metszéspontból) felvesszük a makro-archaeobotanikai feldolgozáshoz szükséges talajmintát (~5-10 kg). Ilyen módon történtek mintavételek Győr–Ménfőcsanak, Makó 32. és 60. számú, illetve Hódmezővásárhely–Kopáncs lelőhelyeken is.

- Részleges mintavétel:

A fentihez nagyban hasonló, de a fő különbség az, hogy nem a teljes felületen dolgozunk, hanem bizonyos négyzeteket kihagyunk a mintavételezés során. A legegyszerűbb, ha átlósan haladunk és minden második sor négyzetéből veszünk csak mintákat, de a szabályrendszer tetszőleges. A lényeg, hogy a reprezentativitásra törekedjünk!

Sírok

Sírok esetében általában a temetkezéshez köthető valamiféle kultusz felderítése, megismerése a cél (19. ábra). Ennek érdekében itt is két lehetőség nyílik a talajminták begyűjtésére:

- Jól dokumentáltan felszedni a teljes sír-betöltést, külön figyelmet szentelve arra, hogy a csontváz mely területéről mely minta került begyűjtésre. Ez költséges és munkaigényes folyamat.
- A másik lehetőség, hogy célzottan a fej, a medence, a karok és a lábak környékén lévő talajanyagot gyűjti be a régész, hiszen jó eséllyel az útravalóul eltemetett növényi maradványok ezekben a régiókban találhatóak.



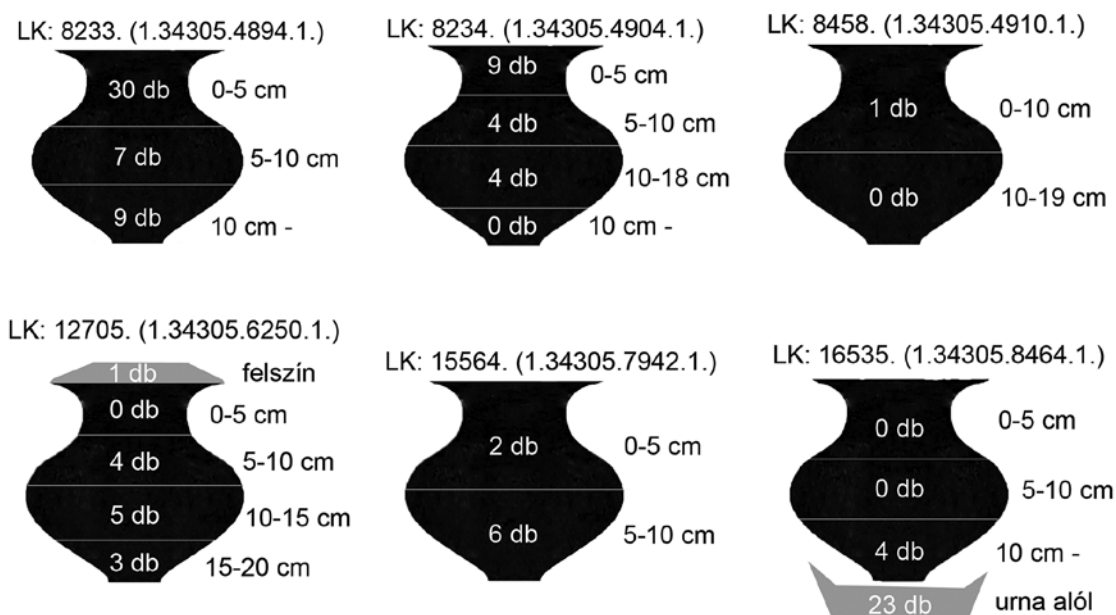
19. ábra. Dunaszentgyörgy RM20 lelőhelyen feltárt, leletekben gazdag sírből gyűjtött talajminta helye a csontváz medencéjének környékéről (piros karika)

Edénybetöltések (20. ábra)

Mind a sírmellékletek, mind a telepkerámiák betöltését ugyanolyan módszerrel kell felvételni. A teljes betöltést be kell gyűjteni, lehetőség szerint (amennyiben látható) a betöltési rétegek szerint, vagy egy tetszőleges függőleges felosztást (pl. 5 centiméterenként, 21. ábra) kell alkalmazni. Fontos, hogy amennyiben pl. FT-IR (Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia) vizsgálatra is sor kerül a későbbiekben, az erre elkülönített mintákat alufóliába tekerve, papírzacsokkban elcsomagolva tároljuk, ugyanis a műanyagzacskók módosíthatják az analitikai vizsgálat eredményeit.



20. ábra. Vizes megtartású lelőhelyről (Nyíregyháza–Vásárosnamény M3 elkerülő 212.) származó kerámia betöltésének egészben történt eltávolítása



21. ábra. Példák edénybetöltések szisztematikus mintázására, ami a növényi maradványok mélységi szintenkénti eloszlásvizsgálatát is lehetővé teszi

A MINTAVÉTELHEZ SZÜKSÉGES TÁRGYI ESZKÖZÖK

Lapát, ásó, spatula, horolók

A felvételezendő talajminta méretétől függően válasszuk meg az eszközöket. Általában a kisméretű „szeneslapát” vagy a kisméretű kerti lapát a legalkalmasabb a talajanyag begyűjtésére. A kisebb mintákhoz azonban a laboreszközöket forgalmazó cégeknél megvásárolható spatulák lehetnek a legmegfelelőbbek. Célszerű, hogy a mintavételi zacskó, illetve zsák szájánál kisebb fejű eszközt válasszunk, így a munka meggyorsítható, és a talajvesztés is kisebb lehet. A horolók (pl. körhoroló) arra alkalmasak, hogy ha esetleg a metszettel felületét vagy a felszín valamilyen recens szennyeződés érte, akkor azt vékony rétegben eltávolíthassuk (22. ábra 1–8).

Mintavételi edények

A merev falú, kupakkal zárható mintatároló edények az erősen sérülékeny talajból már az ásatás helyszínén önállóan, talajanyag nélkül kiemelt kisebb maradványok számára lehetnek hasznosak. Gondoljunk itt elsősorban ágdarabokra vagy magokra, termésekre, esetleg fából készült eszközök töredékeire. Az így tárolt, vattával kibélelt anyag a mozgatást is sokkal jobban bírja. A tárolók felületén sokszor gyárilag elhelyezett etikett található, amelyen feltüntethetők az előkerülés lényeges adatai és az azonosítószámok. A különböző vizsgálólaboratóriumok által használt centrifugacsövek (Eppendorf), zárható műanyag kémcsövek és vizeletgyűjtő poharak kiválóak a fent említett mintatípusok begyűjtésére (22. ábra 9).

Simítózárás tasakok, papírtasakok, alufólia

A talajmintákat legcélszerűbb úgynevezett simítózárás tasakokba gyűjteni. Ezek a zacskótípusok többféle méretben kaphatók, így könnyű kiválasztani a megfelelőt az adott mintavételezéshez. Papírtasakra és alufóliára akkor van szükség, ha esetlegesen olyan analitikai vizsgálatra van kilátás, amelynek eredményét befolyásolhatja a minta műanyaggal történő érintkezése (pl. a fent is említett FT-IR vizsgálat). Az ilyen talajmintákat, illetve edénytöredékeket először alufóliába csavarjuk, majd papírzacskóba helyezük (22. ábra 10).

Címkézés, feliratozás, jelölés

Az adott mintákat egyértelmű jelöléssel kell ellátni terepen, hiszen a laborban vagy a mosóhelyiségben, és a későbbi feldolgozás során is egyértelműen azonosíthatónak kell lenniük. A legegyszerűbb megoldás, ha a nagy zacskóban a minta mellé behelyezett kisebb tasakba (az elázást elkerülendő) kerül a leletkísérő lap, majd ezen kívül a zacskó külsején alkoholos filctollal is feltüntetjük a legfontosabb adatokat.



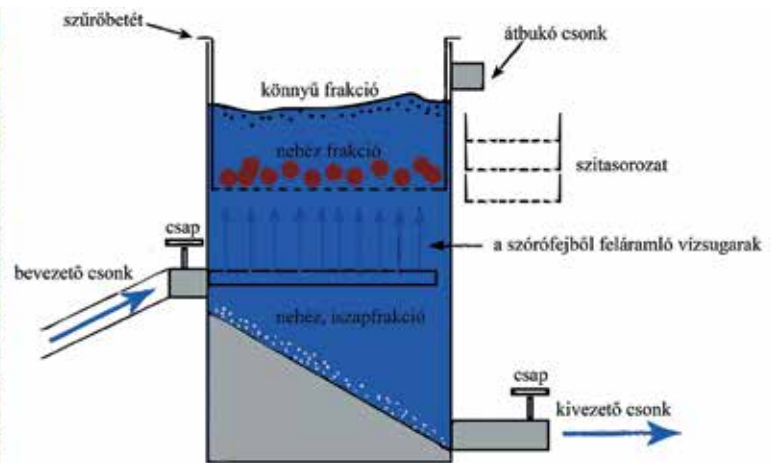
22. ábra. Példák a terepi mintavételhez szükséges eszközökre:

1. erős fémkoffer,
2. körhoroló,
3. zsebkések,
4. spaklik,
5. spatulák,
6. ecset,
7. különböző méretű simítózárás tasakok,
8. erős szerszámos láda,
9. csavaros tetejű flakonok,
10. papírtasakok,
11. szeneslapát,
12. colostok,
13. mérőszalag,
14. tollak, filctollak

A MINTÁK ELŐKÉSZÍTÉSE

FLOTÁLÁS

Az iszapolás, flotálás vagy üleptetés során a nehéz, szervesetlen frakciót (ún. *heavy fraction*) könnyen elválaszthatjuk a könnyebb szerves anyagoktól (ún. *light fraction*), hiszen az előbbiek lesüllyednek a vízben, az utóbbiak pedig felúsznak a felszínre. Egy megfelelően kialakított üleptítő berendezés (23. ábra) úgy épül fel, hogy a finom nehéz frakció leülepszik és távozik a rendszerből, míg a durvább nehéz frakció a berendezés belső szitáján fennmarad, a könnyű frakció pedig a lassú, időnkénti keverés hatására felúszik, és egy peremen átbukva szitasorozaton kerül osztályozásra. Az iszapolóberendezéseket általában műanyag hulladéktároló konténerekből vagy fémhordókból alakítják ki. Ezek mérete lehetővé teszi a könnyű mozgatót, így, ha van öntözőcsöves vízvételi lehetőség, akár terepen, ásatási területek közvetlen közelében is elvégezhető az iszapolás munkafolyamata.



23. ábra. A flotálóberendezés felépítése és a flotálás elve

SZITÁLÁS

A szitálás során különböző lyukbőségű szitákból álló sorozatra helyezük a talajmintákat, majd finom mozdatatok segítségével osztályozzuk, illetve eltávolítjuk a finom frakciót, amelynek jelenléte nehezíti a feldolgozás további részét (pl. a nagyon iszapos, poros, homokos mintában nehéz észrevenni a kisebb magokat/terméseket).

Száraz szitálás

A száraz szitálást, mint a neve is jelzi, közvetítő közeg nélkül, kézi erővel végezzük. Ilyen esetben célszerű valamilyen porvédő maszk viselése. Erre a módszerre akkor van szükség, ha a vízzel történő előkészítés és feltárás ronszolhatja a talajmintában lévő növényi maradványokat. Példa erre a száraz, szikkadt megtartású makromaradványok esete. Ezt a módszert abban az esetben is alkalmazhatjuk, ha egy adott területen (pl. bronzkori földvár) az antropogén rétegek kiterjedését (vastagság, mélység) szeretnénk feltérképezni szűrőbotos mintavétellel. Ilyenkor a fúrómagot gyorsan, a helyszínen szitáljuk ki könnyen kezelhető, hordozható, kisméretű szitákból álló sorozat segítségével. Ezzel a terepi eljárással a helyszínen igazolhatjuk a faszén, magok, paticsok, csontok meglétét a vizsgált helyszínen, furatban vagy objektumban.

A száraz szitálás előnye, hogy gyorsan, különösebb előkészület nélkül elvégezhető. Hátránya ugyanakkor, hogy nagy porral jár, és nem tekinthető teljesen pontos mintavételnek, inkább csak terepi kontrollként (ún. *field test*) alkalmazzuk.

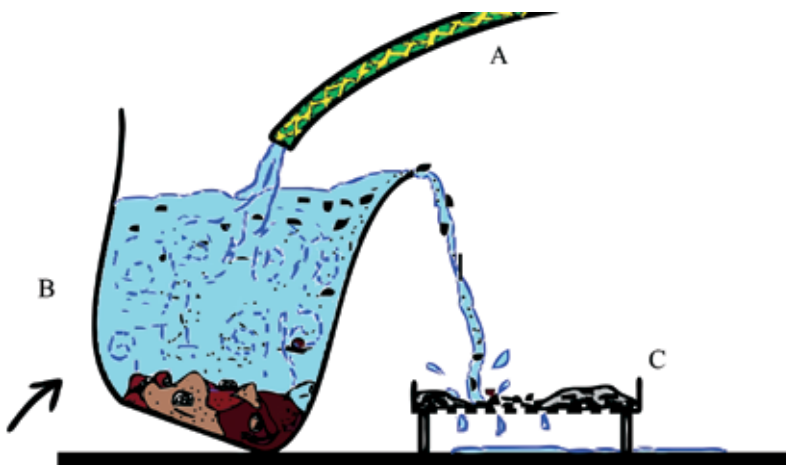


24. ábra. A nedves szításhoz szükséges szitasorozatot tartó állvány, valamint a szítálás egy mozzanata terepi körülmények között

anyag szemmel láthatóan nem fogy tovább. A nedves szítálás előnye, hogy szórófejes megoldással víztakarósebb, mint az iszapolás, ám hátránya, hogy a nehéz frakció és a könnyű frakció nem különül el, tehát a szerves és a szervesetlen maradványok együtt maradnak, ami gyakran megnehezíti és időigényessé teszi a válogatás folyamatát (főként, ha 0,25 mm-es szita is van a rendszerben). Ilyen frakcióban magot fellelni olyan, mint tűt keresni a szénakazalban.

KOMBINÁLT FELTÁRÁS

Ez a módszer tulajdonképpen az iszapolás és a szítálás kombinációjával jött létre, de jóval kisebb vízfelhasználással dolgozik. Az erre a célra rendszeresített vödröket harmadig vagy félig töltjük talajmintákkal, majd felöntjük vízzel és néhány napig ázni hagyjuk. Ezt követően megkeverjük és hagyjuk, hogy a nehéz frakció leülepedjen. A felúszó anyagokat szitasorozatra öntjük (25. ábra). A vizet mindig pótoljuk a vödörben, és a keverés-leöntés kombinációt addig ismételjük, míg a vödörben lévő víz ki nem tisztul. Ez az eljárás az agyagos, tehát az összeállt talajminták esetén is sikeres lehet. Agyagos üledék-, illetve talajanyag esetében nagyon enyhe, 2–5% hidrogén-peroxid (H_2O_2) oldatot is alkalmazhatunk, hogy a talajaggregátumok könnyebben szétessenek. Ennél a koncentrációértéknél azonban nem áztathatjuk a mintánkat napokig, mert a hidrogén-peroxid lassan oldani kezdi a botanikai maradványokat. Nagyon fontos a vödrök méretének helyes

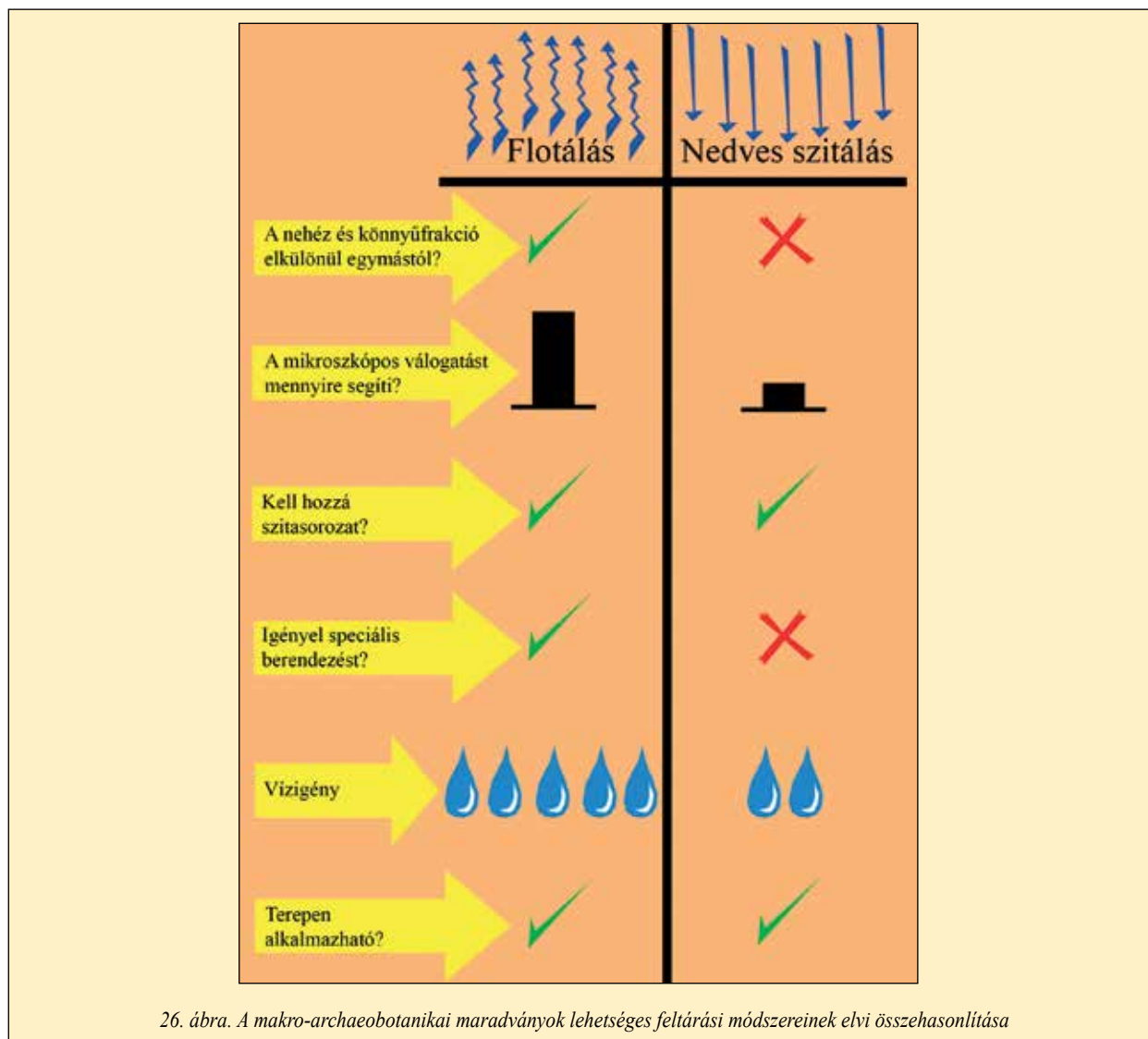


Nedves szítálás

A nedves szítálás során folyóvizet használunk, amelynek mozgási energiáját kihasználva a különböző szitasorozatokon osztályozzuk az adott talajminta botanikai anyagát, illetve egyéb talajidegen anyagokat (halpikely, paticsdarabok, kerámiatöredékek stb.). Ilyenkor általában nagyobb méretű szitakereteket alkalmazunk, és az arra kialakított mosóhelyiségben (de az iszapolásnál említett feltételek megléte esetén lehet terepen is) külön iszapgyűjtővel ellátott vízvezetékrendszeren dolgozunk. A legjobb megoldás, ha a felső szitára öntött talajmintát valamilyen szórófejjel nem túl erős vízszugárral permetezzük (24. ábra). Ez a folyamat addig tart, amíg az adott szitán lévő

megválasztása, hiszen a túl nagy vödrök mozgatása nehézkes lehet. A kombinált módszer előnye tehát, hogy nagyon göröngyös, összeállt, agyagos talajminták is feldolgozhatók, és a nehéz frakció elkülönül a könnyűtől. Hátránya viszont, hogy időigényes, lassú folyamat, mintánként legalább egy vödör szükséges.

25. ábra. A kombinált feltárás sematikus technológiai ábrája
(A – öntözőcső, B – talajminta, C – könnyű frakció a szitán)



A SZITASOROZATOK ÖSSZEÁLLÍTÁSÁNAK KÉRDÉSKÖRE

A helyesen megválasztott szitasorozat és a lyukbőség megkönnyítheti a feldolgozási munkát (mikroszkóp alatti válogatás), és nagyban növelheti az interpretációs lehetőségeinket is. Ugyanakkor a helytelen módon végzett feltárás (pl. bizonyos lyukbőségű sziták hiánya) nehezítheti, illetve teljes mértékben ellehetetlenítheti a környezetrekonstrukcióhoz kapcsolódó következtetések levonását. A hazai makro-archaeobotanikában elterjedt „általános protokoll” szerint a teljes (!) szitasorozat az alábbi módon áll össze:

1 cm → 8 mm → 5–4 mm → 2 mm → 1,5–1 mm → 0,5 mm → (0,25 mm).

A legnagyobb lyukbőség elsősorban a faszenek elkülönítésére szolgál, a 4–2 mm közötti szitasorozat a nagyobb termések (gabonák) és csontártöredékek kiszűrését teszi lehetővé, míg a 2–1 mm közötti szakaszon többnyire a gabonafajok töredékei (szemtermések, villák, pelyvalevelek) maradnak fenn. A gyomok többsége is ebbe a mérettartományba esik, ugyanakkor igen gyakran a 1–0,5 mm közötti szakaszba esnek a természetes vegetációt jellemző fajok termései, magvai. Az egykori vegetációs környezet rekonstrukciója nehézkes, illetve korlátozott ilyen fajok terméseinek és/vagy magvainak hiányában. Ebbe a méretkategóriába eső magvakkal rendelkeznek többek között egyes varjúháj-, gólyaorr-, fűzény- és ökörfarkkóró fajok.

A nedves (folyóparti, tóparti) életterek fajainak (pl. békaszittyó, harmatkása) apró termései és magvai gyakran csak a 0,25 mm-es szitákon maradnak fenn, így ilyen esetekben a szitasorozat utolsó méretét ennek

megfelelően kell meghatározni. Ám az ilyen mérettartományba eső frakció átvizsgálása igen időigényes és sok esetben nagyon kevés eredménnyel jár.

Amennyiben e két utolsó szita kimarad a sorozatból (tehát sem az egyik, sem a másik nincs a rendszerben), a magokra és termésekre alapozott, természetes vegetációra vonatkozó régészeti növénytani (főként karpológiai) elemzés és kiértékelés nem lehet teljes.

A teljes szitasorozat nem mindig szükséges, sok esetben csak az 1,5-1 mm-es és a 0,5 mm-es szitákat használjuk.

SZÁRÍTÁS

A vízzel történő feltárási módok esetében a további feldolgozásra váró maradványokat szárítani szükséges. Ez azért fontos, mert az archaeobotanikai vizsgálatok nem közvetlenül a feltárást követően történnek meg. A vizes mintákat nem szabad elcsomagolni, hiszen a penészesedés roncsolhatja őket. Mind a terepen, mind pedig a laborban, mosóhelyiségben lehet alkalmas helyet találni a szárításra. Ásatásoknál a műanyag tálcák, finom szövésű anyagból készült zsákok, erős papír törülközők, zacskók és sűrű lyukú sziták (27. ábra), míg az intézményekben papír törülközőkkel vagy szűrőpapírokkal ellátott műanyagtálcák és szárítóállványok (polcok), illetve nagy felületű asztalok lehetnek alkalmasak. A tálcákra helyezett papírokról a megszáradt anyag könnyen visszagyűjthető. (Különösen praktikus a kéztörülködő berendezések számára henger vagy lapok formájában csomagolt papírtörül.) Megemlítendő, hogy a feltárásból visszamaradó nedves anyag sötétebb, mint száraz állapotában, így ebben a közegben a szenült maradványok nehezebben vehetők észre a válogatás során.

Fontos, hogy a szitákat mind iszapolás, mind szitálás esetében minden minta után alaposan meg kell tisztítani, hogy elkerülhessük a minták keresztszennyeződését (ún. *cross contamination*). Erre a legalkalmasabbak a különféle kefék (gyökérkefe, körömkefe stb.).



27. ábra. A kiiszapolt minták szárítása szitán terepen

AZ ELŐVÁLOGATÁS

Előválogatásnak azt nevezzük, amikor a feltárási folyamata során a szemmel jól látható tárgyakat eltávolítjuk a talajmintából. A nagyobb méretű csontok, kövek, kerámiatöredékek, paticskok, recens vagy régészeti korú famaradványok könnyen kiemelhetők és elkülöníthetők. Ez esetben csak arra kell nagyon odafigyelni, hogy ezek később ugyanazokhoz a mintákhoz kerüljenek elcsomagolásra, mint amelyekből ki lettek emelve.

ALMINTÁK LÉTREHOZÁSA

Azokban a kivételes és ritka esetekben, amikor olyan nagy mennyiségű növényi maradvány kerül elő az adott lelőhelyről, amelynek egyenkénti feldolgozása nagyon időigényes lenne, akkor úgynevezett almintákat (*subsample*) képzünk. Ezt mindig úgy kell elvégezni, hogy az alminta minél jobban jellemezze a teljes mintát, tehát reprezentatív legyen a mintavétel. Ez lehet térfogat vagy tömegalapú mintavétel is. A nagyon vegyes összetételű (fászenes, gabonatorédes stb.) minták esetében célszerű az előbbit választani.

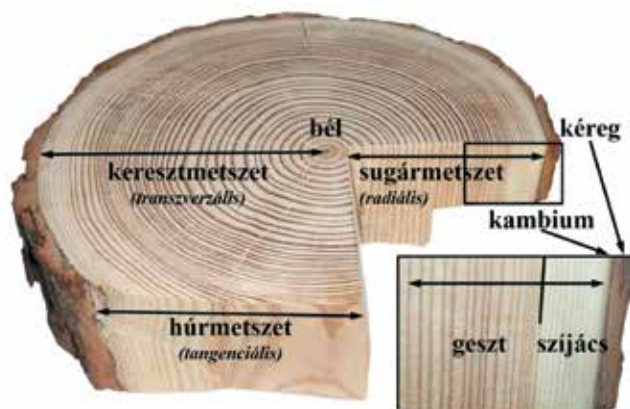
Ekkor az almintaképzés folyamata a következőképpen történhet: egy tálcára egyenletes vastagságban kiöntjük a maradványokat tartalmazó fő mintát, elterítjük, és egy képzeletbeli raszterrel felosztjuk, majd meghatározott térfogatú mintákat veszünk a sarokpontokról, a középpontokról és az átlók mentén. Az almintákban leszámoljuk a maradványokat, meghatározzuk az átlagos maradványszámot, majd ezt felszorozzuk a fő minta térfogatának megfelelően.

Ha a fő minta 10,6 liter volt, az átlagmintavevő edényünk pedig 0,05 literes, és ez utóbbival 13 almintát vettünk, amelyekben az átlagszámítás eredményeképpen átlagosan 168 db növényi maradvány volt, akkor egyszerű egyenes arányossággal kiszámolhatjuk, hogy összesen a 10,6 literes mennyiségben ~ 35 616 db maradvány található. Természetesen ezt a határozást követően célszerű elvégezni, amikor is fajonként vagy maradványtípusonként végezzük el a felszorozást.

FA-, ILLETVE FASZÉNMINATÁK ELŐKÉSZÍTÉSE

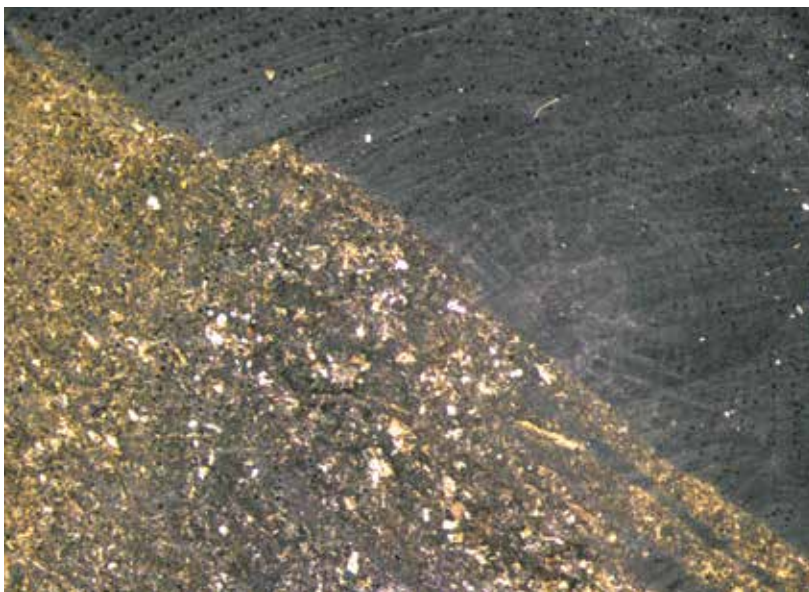
A fa minták legtöbbször szénült vagy nedves, esetleg fémkorróziós megtartásban kerülnek be a feldolgozó intézménybe. Az ilyen faanyagok sérülékenyek, gyakran talajjal szennyezettek. Emellett sor kerülhet még száraz (pl. még álló épületek) vagy recens, élő faanyag mintázására is (pl. összehasonlításához).

Előkészítés: A faanyagok fizikai előkészítése során a cél az, hogy a határozáshoz használható három anatómiai irány mentén (keresztmetszet, sugármetszet, húrmetszet: lásd 28. ábra) alakítsunk ki vizsgálható felületeket úgy, hogy azok ne legyenek ferdek.



28. ábra. A fő anatómiai irányok vörösfenyő törzskorongján

Fontos szempont, hogy szeretnénk-e preparátumot, metszetet készíteni a mintából, illetve az is, hogy milyen megtartású, állapotú, szilárdságú mintáról van szó. Az élő fásszárúakból származó minták általában kémiai előkészítés nélkül is alkalmasak a felületek kikészítésére, míg a régészeti minták és feldolgozásuk némiképp különbözik az élő faanyagokétól. Ennek oka egyrészt az, hogy viszonylag kevés esetben (pl. szubfosszilis állapotú, vízben konzerválódott faanyag) van lehetőség a minta vegyi előkészítése nélkül kialakítani a határozáshoz szükséges felületeket. Másrészt az esetek egy jelentős részében a faanyag nem „roncsolható” tovább (pl. olyan régészeti leletek esetében, ahol a faanyag eltávolítása vagy preparálása csak a lelet jelentős roncsolásával végezhető el), így abban az állapotában, olyan felületekkel kerülhet csak sor a vizsgálatára, ahogyan megőrződött. Természetesen ezekben az esetekben korlátozott a minta által hordozott információkhoz való hozzáférésünk.



29. ábra. Vizes körülmények között konzerválódott faanyag előkészítetlen, illetve mikroszkópos vizsgálatra, dendrokronológiai adatbevitelre borotvapengével előkészített felszíne

Fontos kiemelni, hogy a kémiai előkészítés viszonylag időigényes és költséges művelet, így indokolt esetben alkalmazzuk. A szenült faanyagok vizsgálata során, amennyiben nagy mennyiségű anyag feldolgozása a cél, szinte lehetetlen az összes mintát beágyazni és preparátumot készíteni belőlük, illetve jó megtartású minták esetén a friss törési felületek ugyanúgy vizsgálhatók, mint az élő fából származó minták. Így különbséget kell tennünk az esetek azon része között, amikor csupán fizikai előkészítés szükséges vagy lehetséges a vizsgálatot megelőzően, illetve amikor szükség, illetve lehetőség van kémiai preparálásra is. Mindazonáltal minden kémiai módszert fizikai előkészítés előz meg.

A szenült, illetve egyéb módon konzerválódott (pl. fémkorróziós) faanyagok esetében az azonosításra alkalmas jegyeket mindig friss törési felületeken vizsgáljuk – amennyiben erre lehetőség van.

A vizsgálatra a sztereomikroszkóp a legalkalmasabb, 100–400×-os nagyítás mellett lehetőleg visszavert fénynél. Első lépésként a transzverzális oldal friss törési felületének a vizsgálatát célszerű elvégezni. Amennyiben a hosszirányok vizsgálata is szükséges, a mintát sztereomikroszkóp alatt metsszük meg szikével a sugár- és húrirányok mentén. A vizsgálandó mintákat gyurmába vagy homokba (esetleg gyantába) rögzítve fixáljuk a vizsgálat idejére.

Megfelelő keménységű felületek esetében (száraz, nagyon jó megtartású minták, pl. élő fából származó évgyűrűminták) szóba jöhet a csiszolás, amelyet a felület kiegyenlítésével 80-as vagy 100-as szemcseméretű vászonnal kezdünk, majd 50–100-as léptékben haladva a finomabb papírok felé 1000-es, 1500-as vagy 2000-es csiszolópapírral fejezünk be. A csiszolás során keletkező felszín a metszett felszínhez képest elmosódott lesz, továbbá a keletkező por eltömíti a faanyag pórusait, bizonyos szempontból kiemelve azokat, mindazonáltal nehezítve a határozást (29. ábra). A munkához célszerű szalagcsiszoló, kézi csiszolás esetén csiszolóblokkot használni az egyenletes felszín érdekében. Nagyméretű, láncfűrészszel vett minták esetében először érdemes lamellás csiszolókoronggal szerelt sarokcsiszolóval alakítani ki egyenletes, további csiszolásra alkalmas felszínt.

A sztereomikroszkópos vizsgálatnál lehetőség van vágott, metszett felületek készítésére is, amelyek kialakítása általában borotvával vagy borotvapengével, szikével, esetleg éles késsel történik – nagyobb méretű tárgyakból, pl. gerendákból fűrészszel, ha nincs lehetőség jelentősebb roncsolásra, speciális, ún. növedékfűrővel veszünk mintát. A felület készítése során fontos, hogy az eszköz egyenletesen legyen nagyon éles, különben roncsolja, vizes minták esetében elmorzsolja vagy elkeni a felszínt. A felületek preparálásánál, főleg ha az évgyűrűk lemérésre kerülnek, igyekezzünk a felszínnel minél párhuzamosabban, egy irányba elvégezni a vágásokat, metszéseket.

Abban az esetben, ha részletesebb vizsgálatra van szükségünk, preparátumot, leggyakrabban metszetet készítünk, amelyet biológiai vagy összetett mikroszkóppal vizsgálunk. Metszetek készítése esetén minden olyan anyag közvetlenül metszhető, amelyik biztonságosan megfogható vagy rögzíthető, megfelelőképpen ellenáll a penge nyomásának és nem túl kemény. Recens, egészséges faanyagok esetében (pl. puha fájú

fajoktól – fenyőfélék, hársak, nyárok, fűzek – származó minták) kémiai előkészítés nélkül is kivitelezhető mikrotómos metszetek készítése (a mikrotómtechnika részleteit lásd később), a többi esetben azonban a fizikai előkészítés mellett szükség van kémiai előkészítésre, lágyításra is, amely puhábbá, könnyebben metszhetővé teszi a faanyagot.

A minták fizikai előkészítése mikrotómos metszéshez

Ennél az eljárásnál a cél, hogy 1 cm radiális irányú (sugárirányú) minták vágjunk, a radiális és tangenciális felületek mentén hozzávetőlegesen 8×8 mm-es szeleteket alakítsunk ki – ezt késsel végezzük –, valamint hogy az anatómiai irányoknak megfelelő metszeteket hozzuk létre.

A faminták vegyszeres előkészítése során alkalmazott anyagok jelentős része mérgező, az egészséget mind a bőrrel érintkezve, mind belélegezve károsítja, így azok felhasználásakor be kell tartani az általános laboratóriumi egészségvédelmi előírásokat. A vegyszerekkel történő munkát csak az arra alkalmas laboratóriumban lehet megkezdeni.

Jelen fejezetben a legegyszerűbb, illetve legkönnyebben alkalmazható szövettani előkészítési módszereket mutatjuk be a hazai és nemzetközi gyakorlatban leginkább elterjedt labortechnikai eljárásokra támaszkodva. Részletesebb leírások és további módszerek az alábbi forrásokban és a javasolt irodalom vonatkozó műveiben található magyar, illetve angol nyelven:

- Babos (1994): *Faanyagismeret és fafaj-meghatározás restaurátoroknak*,
- Sárkány és Szalai (1964): *Növénytani praktikum I.*,
- Schoch et al. (2004): *Wood anatomy of Central European species*,
- Gärtner és Schweingruber (2013): *Microscopic Preparation Techniques for Plant Stem Analysis*.

Lágyítás, fixálás

A száraz fa átlagos keménysége forrásban lévő vízbe vagy alkohol, víz és glicerin 1:1:3 arányú keverékébe történő egy-két órás alámerítéssel (puha ceruzával ellenőrizhető) lágyítható/puhítható. A kémiai előkészítés általában rögzítéssel (fixálás) kezdődik, amely arra szolgál, hogy megszüntesse a vizsgálandó anyag életfolyamatait, így olyan anyagot célszerű használni, ami rövid idő alatt átjárja és rögzíti a mintát. Az egyik legegyszerűbb rögzítőanyag az etil-alkohol (30–40%-os formában rögzítésre és tárolásra is alkalmas), de használnak ecetsavat, formalint, pikrinsavat stb., illetve különböző keverékeket is.

Könnyen málló (pl. gyenge megtartású faanyagok) és heterogén szövetű anyagok (pl. kéreg-kambium) esetében metszés előtt beágyazás szükséges, amire az egyik legalkalmasabb anyag a paraffin vagy a műgyanta. A paraffin vízben nem oldódik, ezért víztelenítésre van szükség, amire általában alkoholt használunk.

Víztelenítés

- Rögzítőszer kimosása a mintából vízzel vagy alkohollal.
- Vizes kimosás esetén 30–50–70–90–96%-os alkoholsorban történő kimosás – kb. 3–6 óra minden egyes oldatban – az állási idő függ a minta nagyságától, szövetétől, keménységétől.
- Alkoholos kimosás esetén a következő, már töményebb alkoholfokozattal kezdődik a víztelenítés, pl. 50%-os kimosás után 70%-os alkohollal kezdődik a sor.
- Kimosás abszolút alkohollal – elég költségigényes eljárás, ezért 96%-os alkoholból elő tudjuk állítani vízelvonással, pl. rézszulfáttal. Az abszolút alkoholban történő mosás idejét nehéz meghatározni, mert ha kevés ideig marad a minta az alkoholban, nem lesz tökéletes a víztelenedés, ha túl sok ideig, akkor túlságosan megkeményedik, törékennyé válik.

Számos különböző hőmérsékleten oldható paraffin kapható, amelyek közül az 52–54 és az 56–58 °C-on olvadó a legalkalmasabb a beágyazásra. A kereskedelemben kapható paraffin általában szilárd, ezért edzés után válik alkalmassá a beágyazásra. A könnyebb metszhetőség érdekében érdemes 3–6% méhviaszt keverni a paraffinba, de kaphatók közvetlenül használható termékek is. Keményebb anyagok beágyazása esetén kolofoniumos paraffinba történik a beágyazás, amely 6–10% hegedűgyantát (Violin Kolofon) tartalmaz.

A paraffin nem oldódik alkoholban, így szükség van közbülső (*intermediér*) anyag használatára, amely oldja a paraffint, viszont elegyedik alkohollal. Ilyen anyag a benzol vagy xilol, amelyek ráadásul könnyen is párolognak (figyelem, gőzük robbanékony!), de itt is fontos a fokozatos átítatás.

Átitatás közbűlső anyaggal

- 1–2 óra áztatás absz. alkohol és xilol 2:1 arányú keverékében. Ha az oldat zavarossá válik, nem volt tökéletes a víztelenítés, így azt újra el kell végezni.
- 1–2 óra áztatás absz. alkohol és xilol 1:1 arányú keverékében.
- 1–2 óra áztatás absz. alkohol és xilol 1:2 arányú keverékében.
- 2–3 óra áztatás tiszta xilolban.

Beágyazás paraffinba

1. Oldásos módszer:

- Paraffintörmelék adagolása a tiszta xilolban lévő mintához szobahőmérsékleten, amíg a törmelék feloldódik.
- A paraffin olvadáspontja felé 1–2 °C-ra állított termosztátba helyezés és paraffin további adagolása, amíg jellegzetes (olvadt) paraffin szaga nem lesz. A folyamat kb. 1 hétig tart, azonban gyorsítható vákuumtermosztát használatával.

2. Oldatos módszer:

- 24 óra áztatás 30%-os paraffin oldatba,
- 24 óra áztatás 60%-os paraffin oldatba,
- 24 óra áztatás 100%-os paraffin oldatba.

A beágyazást a kiöntés követi, amelynek célja, hogy a paraffinnal átitatott tárgyat tiszta, olvadt, szükség esetén előzetesen edzett paraffinba helyezzük át és hagyjuk megszilárdulni.

Kiöntés

- Csempelapra helyezzük a megfelelő méretűre beállított fém kiöntőkeretet.
- A belső felületet lekenjük víz és glicerin 1:1 arányú keverékével, hogy könnyen leválasztható legyen a paraffintömb.
- Kiöntés a keretbe – fontos, hogy a minta ne azonnal süllyedjen le a blokk aljára, így képződik egy vékonyabb paraffinréteg.
- Minta beállítása a metszési síkoknak megfelelően, melegített bonctűvel.
- Hideg vízbe helyezés a paraffin megszilárdulásáig – minél rövidebb idő alatt szilárdul meg a paraffin, annál jobb a metszhetősége.
- Óvatos ütögetés hatására a blokk elválk a csempétől.

A beágyazott minta mikrotómos metszésre alkalmas, azonban elő kell készíteni: blokktartóba helyezés, a felesleges paraffin lefaragása (a mintát kb. 2–3 mm vastagságú paraffin vegye körül).

Léteznek kézi mikrotómok is, amelyekkel jó minőségű metszetek készíthetők, azonban igazán jó minőségű fényképek készítésére a gépi mikrotómmal készített metszetek alkalmasak.

Szánkás mikrotómmal készíthetők igazán jó minőségű metszetek. Általában háromféle mikrotómkés használatos: mindkét oldalon homorú (A), sík-homorú (B) és kétoldalon sík (C). Az A és B típusú kések a lágyabb anyagok, míg a C típusú kés a kemény, fás anyagok metszésére szolgál, így utóbbit alkalmazzák a régészeti faanyagok metszése esetén. A penge akkor megfelelő élességű, ha a kézben tartott hajszálat el tudja vágni. A jó minőségű metszetek készítéséhez gyakorlat szükséges, mindazonáltal néhány irányelvet feltétlenül érdemes szem előtt tartani: a vágóél és a vágófelszín által bezárt szög optimális nagysága kemény fák esetén hozzávetőlegesen 15°, míg puha fák esetén hozzávetőlegesen 8°; heterogén sűrűségű faanyagok esetén (pl. vörösfenyő) hozzávetőlegesen a penge élének felét érdemes használni 0,5 mm vastagságú metszetek készítéséhez.

A metszetek optimális vastagsága

- Keresztmetszet: általában 15 μ , 10 μ a kisméretű edényekkel rendelkező fajok esetében,
- Sugármetszet: 15 μ a bélsugarak falának szerkezeti vizsgálatához, 25 μ az áttörések és a spirális vas-tagodás megfigyeléséhez,
- Húrmetszet: 15 μ .

A faanyagok vizsgálata során alkalmazható a metszetek pörkölése, illetve festése az egyes sejtalkotók kiemelése, jobb megfigyelhetősége érdekében. Számos festékanyag használható erre a célra (pl. kongó-vörös, lichtgrün, szudán III. és szudán IV., vezuvin, toludinkék, illetve ezek kombinált alkalmazása). Leggyakrabban a safranint (sejtmagot és sejtfalat élénk pirosra színezi) és az anilinkéket (színezi a citoplazmát, sejtmagot, rostacsöveket, illetve alkalmas pl. gombamicéliumok kimutatására) használják.

Megfestés safraninnal

- 15–30 perces merítés vizes nátrium-hipoklorit oldatba (Javel-lúg) – derítés, célja a metszet világosabbá, átlátszóbbá tétele a plazmatikus alkatrészek kioldásával
- 2–3-szori öblítés vízzel, amíg a derítő oldat illata már nem érezhető
- 3–5 perces merítés safranin 1%-os oldatába
- Egyszeri öblítés vízzel
- Egyszeri öblítés 50%-os alkohollal
- 2–3-szori öblítés 96%-os alkohollal, a felesleges festékanyag eltűnéséig
- Egyszeri öblítés 100%-os alkohollal
- Alámerítés xilolba – ha a folyadék opálösszé válik, újraöblítés 100%-os alkohollal
- Beágyazás a tárgylemezen műgyantába
- Fedőlemez lesúlyozása hozzávetőlegesen 50 gramm tömeggel
- 24 órán keresztül szárítás sütőben 50–60 °C-on

A régészeti anyagok általában az élő faanyagok módosultai, hiszen végigmennek a konzerválódás folyamatán, így azok előkészítése némiképp különbözhet a recens faanyagok előkészítésétől.

A gombák által károsított faanyagok előkészítése és metszése azonos a recens faanyagoknál leírtakkal, azonban festésüket érdemes safraninnal és anilinkékekkel elvégezni.

Gombák által károsított faanyagok festése

A vékony metszetek festésére safranin és pikrinsav-anilinkék (25 ml anilinkék vizes oldata és 100 ml pikrinsav vizes oldata) használható.

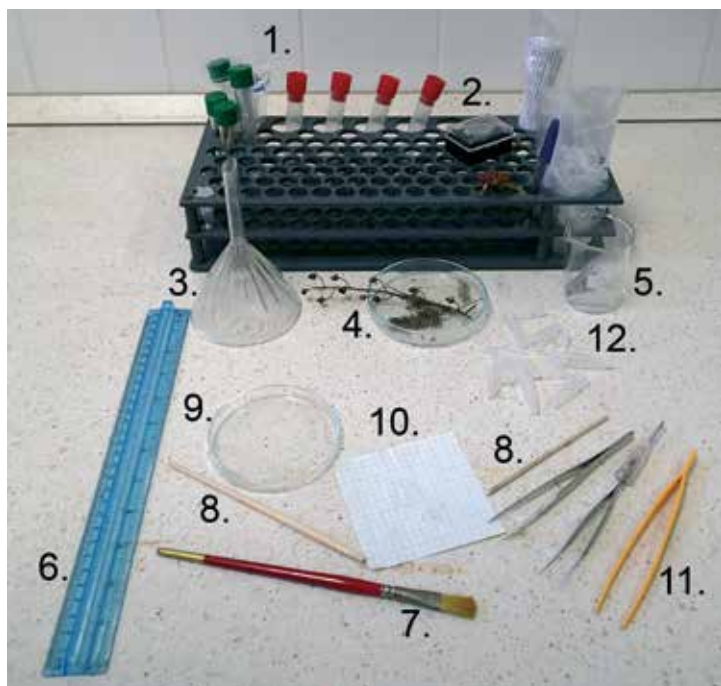
- Rövid alámerítése safranin 1%-os vizes oldatába
- Felesleges festékanyag lemosása vízzel
- Metszet elhelyezése a tárgylemezre cseppentett pikrinsavba
- Láng feletti, forrásig történő melegítés
- Merítés progresszívan növekvő koncentrációjú alkoholba
- Merítés xilolba
- Beágyazás műgyantába

A szenült faanyagok esetében, amennyiben szükséges metszetet készíteni, pl. a visszavert fény nem feltétlenül alkalmas jó minőségű fényképek készítésére, ezért a mintákat általában plexibe vagy magas hegedűgyanta tartalmú (10-15%), edzett kolofoniumos paraffinba ágyazzák be, majd a megszilárdulást követően mikrotómmal készített metszeteket fényképezik.

Szenült faanyag beágyazása plexibe

- 6–8 mm élhosszúságú kockák kialakítása a légszáraz mintából a fő oldalak mentén töréssel
- Kétszeri 3–4 nap áztatás abszolút alkoholban (ha a minta nem süllyed el az alkoholban, az azt jelenti, hogy levegő van a mintában, amit vákuumkamrában lehet kivonni)
- 2 hét áztatás metil-metakrilát (tisztá metakrilsav metil-észter, 1% hidrokinnon) és aktiválóanyag keverékében (50%-os 2.4dichlor-obenzol-peroxid lágyító anyagban – Flucka, Buchs SG, Switzerland) – az oldat egy hét után cserélendő
- Minták elhelyezése metil-metakriláttal töltött zselatinkapszulában és a kapszula lezárása
- 2–3 nap polimerizálás vákuum alatt, 35 °C hőmérsékleten

A légbuborékok mintákban lévő jelenléte a nem tökéletes dehidratálás, elégtelen levegőeltávolítás vagy polimerizálódás alatti túlzott fűtés következménye lehet. A blokkokat rögzítsük a mikrotómba, és előzetes vágásokkal készítsük elő a felületeket a metszésre. Egy darab öntapadó ragasztószalagot ragasszunk a metszendő felületre. A kést 15 mikronnal a szalag alá állítva a metszetek rajta maradnak a szalagon, pár csepp glicerinnel



30. ábra. A mikroszkópi válogatáshoz szükséges egyes laboreszközök.

1. Műanyag kémcsövek a növényi maradványok tárolásához, 2. nagyító, 3. üvegtölcsér, 4. recens növényi részek az összehasonlító vizsgálatokhoz, 5. kisméretű főző- vagy mérőpoharak az alminták készítéséhez, 6. vonalzó, 7. ecset, 8. pálcika, 9. Petri-csésze, 10. milliméterpapír, 11. különböző keménységű csipeszek, 12. centrifugacsövek a növényi részek tárolásához

eltávolíthatók és így tárgylemezre helyezhetők. Azokat a megfestett metszeteket, preparátumokat, amelyeket hosszabb időn át szeretnénk megtartani, állandósítanunk kell, aminek több módja is van. Mivel a víztelenített mintákat általában xilollal áztatjuk át, ezért az egyik legegyszerűbb állandósító anyag a kanadabalzsam.

Kanadabalzsamos állandósítás

- Fontos, hogy a minták víztelenítettek és xilollal/benzollal átjártak legyenek (lásd feljebb)
- 1 csepp sűrűn folyó kanadabalzsam cseppentése a tárgylemezen lévő xilolos metszetre
- Lefedés fedőlemezzel (fontos, hogy a fedőlemez a metszethez simuljon)
- Szárítás pormentes helyen szobahőmérsékleten néhány napig (35 °C-os termosztátban gyorsabb a száradás)

Azokban az esetekben, ahol nincs mód metszetek készítésére vagy a felületek preparálására, a foszlatás, más néven macerálás módszere alkalmazható. Ennek lényege, hogy a vizsgált faanyagot alkotóelemeire bontjuk. A módszer alkalmazásának nagyon szemléletes leírása olvasható Greguss Pál 1939-ben megjelent cikkében, amelyben fémkorróziós faanyag macerált anyagában, illetve a felületekről óvatosan lekapart porában található elemek alapján történt a határozás.

KARPOLÓGIAI MINTÁK VÁLOGATÁSA, ELKÜLÖNÍTÉSE

A karpológiai (makro-archaeobotanikai) mintákból feltárt anyag válogatásának és elkülönítésének munkafolyamata előzi meg a határozómunka megkezdését. Ebben a technológiai lépésben különítjük el a feltárt mintákból a számunkra érdekes növényi makromaradványokat azoktól a maradványoktól, amelyek nem képezik részét a minta vizsgálatának. Ilyenek lehetnek a patics- és kerámiatöredékek, halpikkelyek, csontszilánkok és egyéb, nem növényi makroszkopikus szerves vagy szervetlen eredetű maradványok. Ezt már a laborban, binokuláris sztereomikroszkóp segítségével végezzük 10–20×-os nagyítás mellett.

Sok esetben az archaeobotanikus nemcsak a növényi eredetű maradványokat különíti el, hanem, ha az idő és a költségvetés engedi, a puhatestűek meszes házat és a gerincesek maradványait is kiemeli. Olykor gyöngyök, veretek, szegecsek és kerámiatöredékek is napvilágra kerülnek, ilyen esetekben ezeket is elkülönítjük. Célszerű, ha a válogatás során a fent említett maradványtípusokat külön tárolókba helyezük, sőt egyszerűsíti a munkát, ha a növényi maradványokon belül is egységeket képezünk, vagyis már a válogatás során felismert fajokat egymástól elszeparáltan gyűjtjük ki.



31. ábra. A válogatás során célszerű csak a Petri-csésze felét megtölteni a válogatandó talajmintával, így a szabad részekre húzhatjuk át a már átnézett anyagot

A maradványok eltávolítása a mintából általában csipeszekkel történik. Ezek többnyire puha rovarcsipeszek, hiszen ezek segítségével sérülésmentesen megfoghatók a maradványok. Ezek mellett a kemény, különböző hegyekkel ellátott műszerészcsipeszek is felhasználhatók. Speciális kiemelési mód, amikor kisméretű, puha sertéjű ecsetek segítségével fogjuk meg az adott maradványt. Ilyenkor a serték közé szorul az adott növényi rész, és könnyen ki is húzható onnan a gyűjtőedény peremén történő elhúzás segítségével.

A gyűjtőedény funkcióját általában a klasszikus, üvegből készült Petri-csészék töltik be, hiszen ezek laposak, mégis kellően magas pereműek. Az éppen válogatásra szánt mintát is célszerű egy ilyen Petri-csészében a mikroszkóp alá tenni, hiszen átlátszó, és az alátett milliméterpapír nagy segítséget nyújthat a maradványok méretét illetően. A válogatás során szükség lehet még bonctűre, hegyes papálcikákra, vonalzóra, tölcsérekre, kisméretű lapátokra (30. ábra).

Bevált módszer, hogy az átvizsgálendő mintából fél Petri-csészényi egységeket veszünk ki és nézünk át, így ugyanis a felesleges és el nem különítendő részek (talajszemcsék, apró faszéntöredékek, kavicsok stb.) könnyen átterelhetők a csésze egy üres pontjára, így nem akadályozzák a munkát (31. ábra).

Célszerű minden fontosnak tűnő vagy arra érdemes maradványt elkülöníteni, de ne szedjük ki feleslegesen semmit. Mivel úgysis minden munkamozzanat dokumentálásra kerül, így a válogatás is, felírhatjuk, hogy az adott talajmintában a válogatás során mit figyeltünk meg, és mi az, amit elkülönítettünk.

Példa:

Megfigyelt kategória: 0,5 mm alatti szenült töredékek, kisméretű faszéntöredékek, csigaháztöredékek, csontszilánkok, vasborsó, recens növényi részek stb.

Elkülönített: szenült maradványok (vegyesen, ömlesztve, esetleg külön magtípusonként vagy fajonként feltüntetve), faszén (fajmeghatározásra alkalmas méretű), csigaház, kagylóhéj, ujjcsont, szegecs, gyöngy, halpikkely stb.

Alkalmazható szemikvantitív skála a becslések leírásához is. Ehhez például alkalmazhatók az alábbi jelölések:

- × = alulreprezentált (extrém kevés)
- ×× = kevés
- ××× = átlagos mennyiségű
- ×××× = sok
- ××××× = domináns (extrém sok)

A MARADVÁNYOK MEGHATÁROZÁSA

ÁLTALÁNOSÁGBAN A NÖVÉNYI MARADVÁNYOK MEGHATÁROZÁSÁRÓL

A különböző, jó megtartású terméseket/magokat az archaeobotanikus már a válogatás fázisa során felismeri, elkülöníti, ám többnyire a végleges határozás igencsak idő- és munkaigényes feladat.

A maradványok sokszor töredékesek, torzultak, bevonattal fedettek (lásd az I.2. alfejezetben leírtakat), így a pontos meghatározás nem is mindig lehetséges. Az azonosítást különböző határozókönyvek, rajz- és fotóadatbázisok, valamint recens gyűjtemények segítik elő. Továbbá segíthet a határozásban, ha az egyes maradványokat csoportokba rendezzük, azaz külső morfológiai jegyeik (elsősorban alak) alapján egységeket alkotunk:

- kerekded vagy gömb
- hosszúkás, pálcika alakú
- elliptikus
- láthatóan gabonaszem, de töredékes
- lapos maradványok
- amorf maradványok stb.
- gabonavirágzathoz köthető maradványok, mint pl. villák, pelyvaalapok, pelyvalevelek, kalászsorsótöredékek

A legfontosabb határozók:

- magok és termések: Bejerinck (1947): *Zadenatlas der Nederlandsche Flora*
- Brecher (1960): *A magismeret atlasza*
- Schermann (1966): *Magismeret I-II.*
- Cappers et al. (2006): *Digital Seed Atlas of the Netherlands*
- Radics (1998): *Gyommaghatározó*
- Bojnansky és Fargasova (2007): *Atlas of Seeds and Fruits of the Central and East-European Flora*

Ezek sajnos egytől egyig nagyon ritka könyvek. Magyarországon főként antikváriumokban fordulnak elő, nagy szerencsével beszerezhetők. Főként rajzokat tartalmaznak egy-egy jól felépített határozókulccsal. A *Seed Atlas of Netherlands* viszont interneten megrendelhető, nagyon jó minőségű és nagy felbontású fotókból épül fel.

A magok, termések esetében a határozókönyvek mellett érdemes a terepi munkák során az éppen aktuálisan termést érlelő fajokból gyűjteni, hogy évtizedek alatt összeállíthassunk egy több száz faj termését és magját magában foglaló recens összehasonlító gyűjteményt. Összehasonlító gyűjtemény készítését a faanyagok esetében is érdemes megfontolni, hiszen a recens növényeknél van lehetőség a hajtásrendszer elemei alapján történő biztos azonosításra.

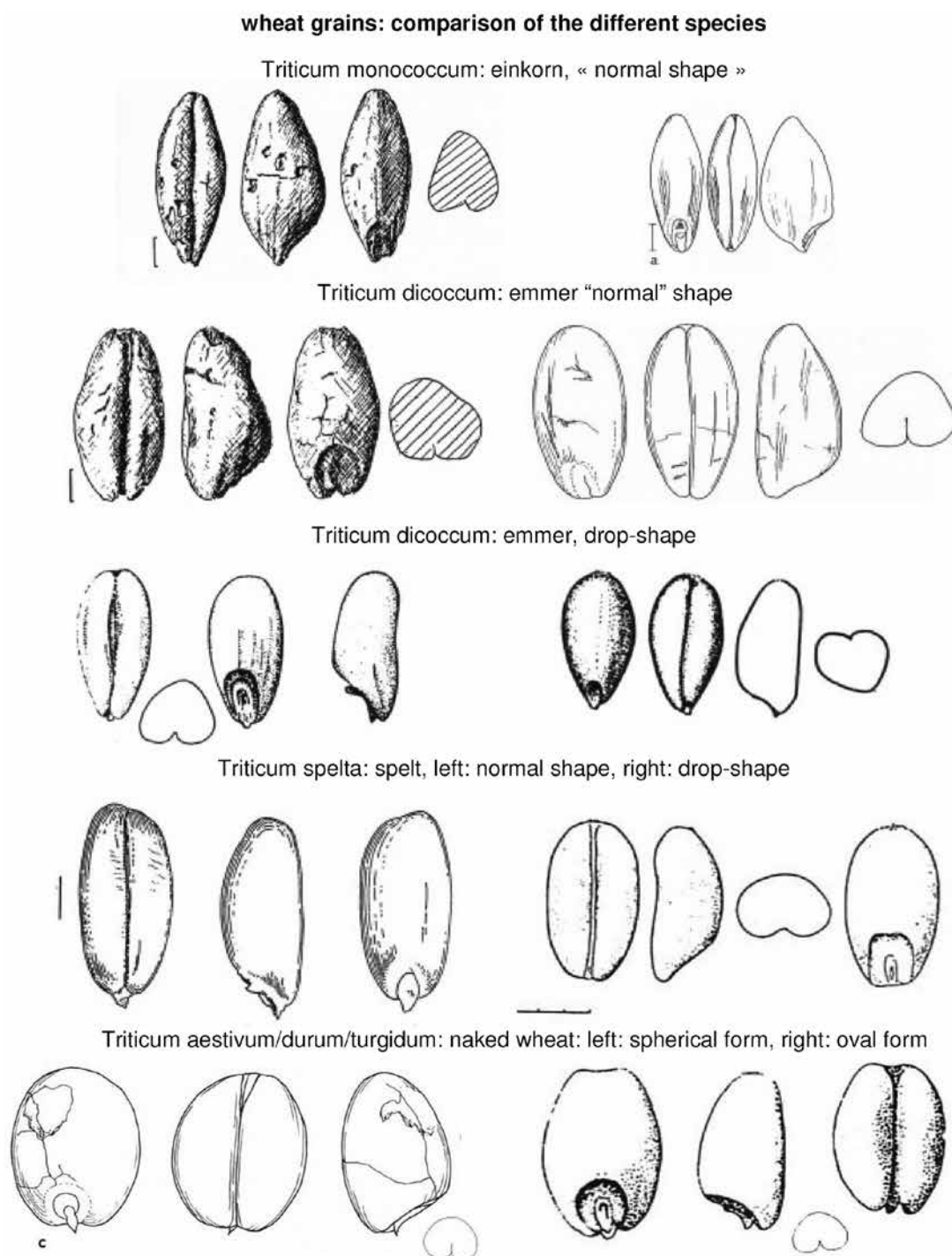
KLASSZIKUS ESETEK A HATÁROZÁSI MUNKA SORÁN

Ennek a fejezetnek nem az a célja, hogy határozóként szolgáljon, hanem hogy felhívja a figyelmet a határozási munka folyamán felmerülő nehézségekre, lényeges momentumokra, és felkeltse az érdeklődést a makro-archaeobotanikával ismerkedő olvasókban. Az alábbiakban tehát olyan alapvető példákat hozunk, amelyekkel talán a leggyakrabban kell szembenéznie az archaeobotanikus szakembernek egy-egy régészeti objektum növényi maradványainak meghatározása során.

Gabonafajok szemterméseinek elkülönítése (búza, árpafajok, rozs)

A gabonafajok szemtermései sokszor igen hasonlóak. Jellegzetesen sokat emlegetett mondat, hogy „az egy szemű búza kétszemű változatának termése hasonlít a kétszemű búza egyszemű változatának szemterméséhez...” (32. *ábra*). A búzák többnyire csupasz szemtermések formájában, míg az árpák gyakrabban

pelyvák alakban található meg a botanikai leletanyagban. A búzák általában hengeresebbek, jól elkülöníthetők a laposabb árpáktól. Az előbbieket esetében a hasi barázda mélyebb és lekerekített, míg az utóbbiaknál sekélyebb és élesebb peremű. A búzához nagyon hasonló rozs szemtermései pedig általában levágottak, hátuk háztetőszerűen összenyomott. A sikeres meghatározáshoz célszerű minden irányból (hasi, háti, oldal) alaposan szemügyre venni a morfológiai sajátosságokat, majd a határozókönyvek segítségével pontosítani az azonosítást. Több ezer gabonamaradványt tartalmazó vermek, magtárak esetében ez igen nagy körültekintést igénylő munkafolyamat, amely azonban fontos eredményekkel támaszthatja alá a vizsgált lelőhely emberének gabonákhoz való viszonyát, vagy utalhat az alkalmazott mezőgazdasági eljárásokra.

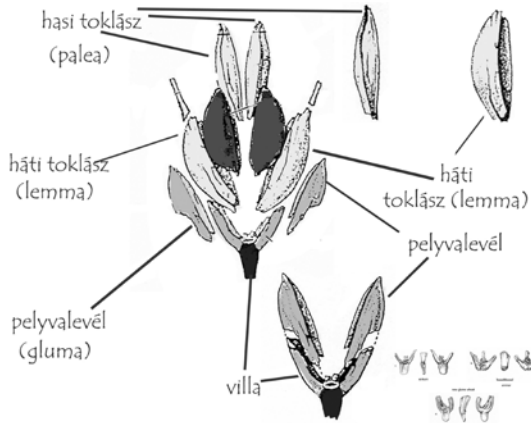


examples from: Knörzer 1967 (LBK, early Neolithic, Germany); Kohler-Schneider 2001 (Late Bronze Age, Austria); Kroll 1975 (Bronze Age, Germany); Hopt 1968 (Neolithic, Germany); Jacomet et al. 1989 (Early-Bronze Age, Switzerland); Van Zeist 1968 (Roman, Netherlands)

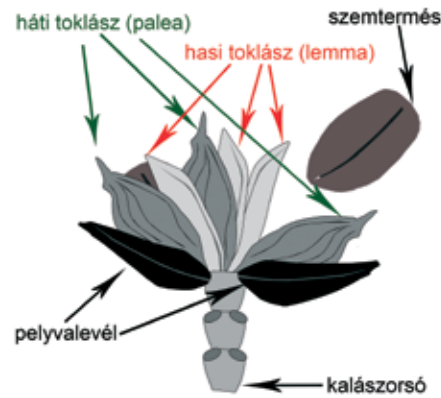
32. ábra. Stefanie Jacomet svájci archaeobotanikus és munkatársai által elkészített, gabonamaradványokra vonatkozó részletes határozókulcs egy lapja

A pelyvás búzák villáinak problémaköre (alakor, tönke, tönköly, új típusú pelyvás búza)

Pelyvás búzáknak azokat a búzafajokat nevezzük, amelyek kalásza a cséplés során nem kalászorsóra, pelyva- és toklászlevelekre, valamint csupasz szemekre esik szét, hanem a teljes kalász először úgynevezett kalászkákra hullik szét (*dicocoid* és *speltoid* töréstípus) (33. és 34. ábra). Ezen fajok feldolgozása további tisztítási folyamatot igényel (pelyvátlanítás), tehát az élelmiszer-előállítás nagyobb energiabefektetéssel jár.



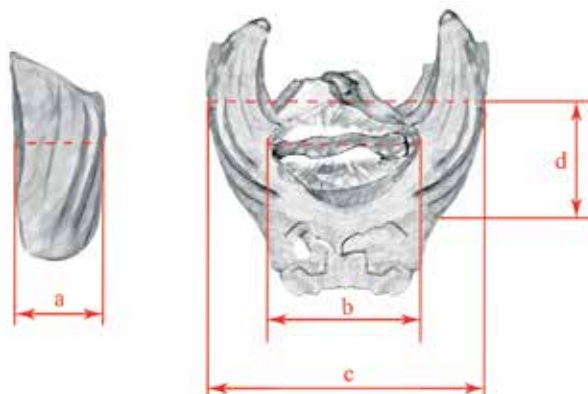
33. ábra. A pelyvás búzafajok egy kalászkájának felépítése. Jól látható a villa (a pelyvaalapok és a kalászorsó egy darabkájának együttese). A pelyvás búzák esetében legfeljebb két szemtermés alakul ki egy kalászkában



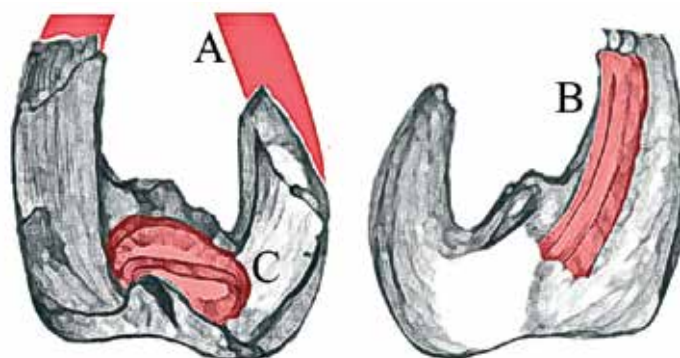
34. ábra. A csupasz búzák egy kalászkájának felépítése. Látható, hogy nincs villa, továbbá egy kalászkában több szemtermés is található

A kalászkák bázisa az úgynevezett villa. Lényegében a villák (és azok alsó része, a kalászorsószakasz vagy más néven *rachis*) alkotják magát a kalászorsó tengelyét, ami a csupasz búzáknál (pl. közönséges búza) a cséplést követően egészben marad vissza. Dörzsölés, mozsárban zúzás, hamulúgos áztatás, vizes áztatás során távolíthatók el a szemtermésekről a pelyvalevelek, a toklászok és a villák. Az ilyen cséplési hulladékok jelenléte a régészeti leletanyagban nagymértékben valószínűsíti azt, hogy az adott telepen élő nép ezeket a növényeket helyben termesztette, éppen ezért nagyon fontos indikátor lehet. A pelyvalevelek, de főként a villák fajspecifikusak, így segítségükkel a szemtermések hiánya mellett is megmondható, milyen búzafajt termesztettek, ismertek és/vagy fogyasztottak.

A villák meghatározása során a tipológiai meghatározás mellett lehetőség van ún. alaktani (morfometriai) méréseket végezni a mikroszkóp alatt. Régészeti mintánk mért adatait az egyes fajokra jellemző határozókulccsal egybevetve pontosíthatjuk a tipológiai határozáskor szemrevételezéssel hozott döntésünket. A morfometriai elemzés alkalmával a 35. és 36. ábrán látható paramétereket mérjük. Tehát a pelyvaalap szélessége (a), a törési heg szélessége (b), a villa szélessége (c) és a pelyvaalap csatlakozási pontja a kalászorsó szakaszba (d) lesznek a mérvadók a határozás során.



35. ábra. A pelyvás búzák villáján mérhető morfometriai paraméterek bemutatása



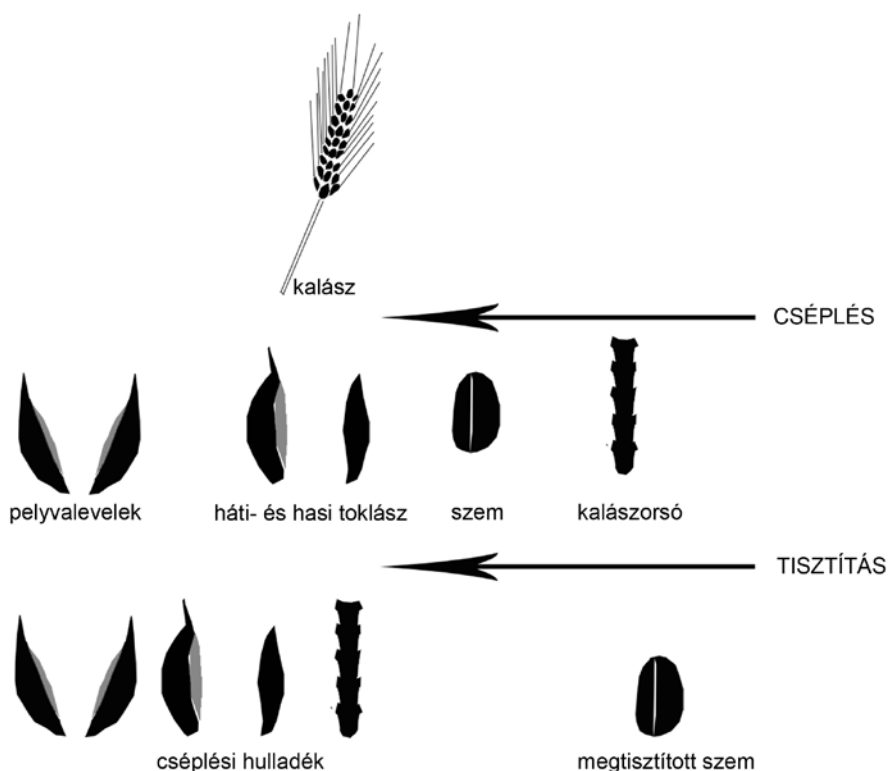
36. ábra. A pelyvás búzák villáján megfigyelt tulajdonságok.

A: A pelyvaalapok alakja, B: a pelyvalapokon található elülső (primer) és hátsó (szekunder) bordák (és árkok) íveltsége, kiindulási pontja, C: a törési heg alakja, kiterjedése

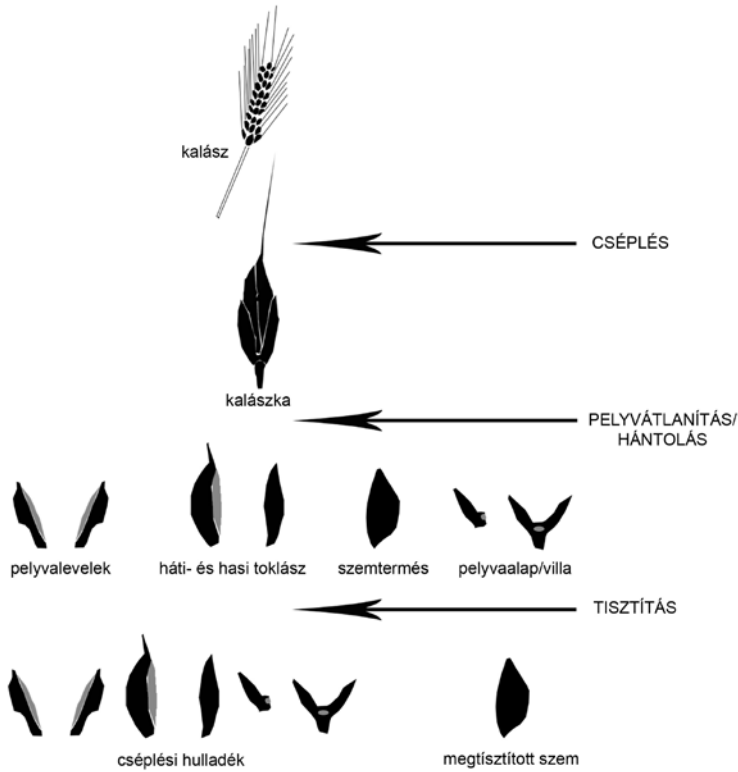
Ezenkívül fontos tulajdonság, hogy mennyire görbült a villa (A), milyen erősek és merre állnak az elülső (B) és a hátsó bordák, valamint mekkora a törési heg kiterjedése (C). Mindezeket végig kell mérni (célszerű mikroszkóp és számítógép összekapcsolásával, valamilyen program segítségével), és ennek alapján meghatározni az adott villákat.

Nem is olyan régen, 2000-ben ilyen határozási folyamat révén bukkant Glynis Jones egy, a mai napig tisztázatlan eredetű és feltételezhetően új búzafaj villáira néhány görögországi neolitik és bronzkori lelőhely anyagában. Ez a pelyvás búzafaj *New Glume Wheat* (NGW), azaz új pelyvás búzaként honosodott meg az archaeobotanikai szakirodalomban. Később az NGW Európa több pontján is felbukkant (kb. 50 lelőhelyen), így többek között Magyarországról is ki tudtuk mutatni közel tíz lelőhelyen. DNS vizsgálatokkal egyelőre nem sikerült igazolni, de nagyon valószínű, hogy a *Triticum timopheevii* búzáról van szó, és az is bizonyos, hogy sem az alakorhoz, sem a tönkéhez, sem pedig a tönkölyhöz nem köthetők a maradványok.

Tehát a fenti rövid ismertetőből is kiderül, hogy az apró, sokszor jelentéktelennek tűnő, nem mag- és termés eredetű maradványok is nagyon informatívak lehetnek.



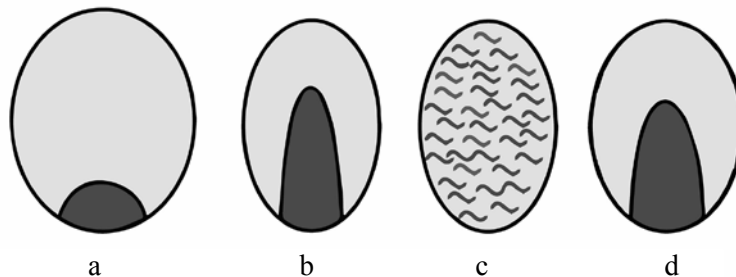
37. ábra. A pelyvás búzák cséplésének és tisztításának folyamataiban keletkező termékek és melléktermékek modellje



38. ábra. A csupasz búzák cséplésének és tisztításának folyamataiban keletkező termékek és melléktermékek. Látható, hogy a pelyvás búzákhöz képest egy folyamattal kevesebb szükséges a csupasz szem eléréséhez

Köles- és muharfajok szemterméseinek elkülönítése

A köles az egyik legkorábban házasított gabonaféle. Tavaszi vetésű, többször aratható egy évben, másodvetésnek is alkalmas, igénytelen növényfaj, éppen ezért a gyorsmozgású lovas nomád népek egyik kedvelt gabonája volt, de még a római korban is előszeretettel használták kásák készítéséhez. A köles gyomjaként, de a zavarást tűrő gyomtársulások fajaként is megjelenhetnek a muharok (fakó, zöld, ragadós). Adventív, természetett tipikus kásanövényként tekinthetünk a magyarországi lelőhelyeken az olaszmuharra, amely ki is vadul. Az itt felsorolt fajok szemterméseit többnyire csupasz formában találjuk meg (ritkán előkerülnek köleshez tartozó pelyvalevelek és toklászok, illetve a muharokra gyakran ráég a háti toklász). A viszonylag kisméretű (milliméteres tartomány) szemtermések egymástól nehezen különíthetők el, hiszen gyakran a köleszemek között megbújnak a muharfajok termései is. Ilyen esetekben az alábbi sematikus rajzon (39. ábra) feltüntetett irányelveket érdemes követni. Ezek lényege a kitört csírapajzs mérete és aránya a szemtermés egészéhez képest. A muharfajokat is nehéz egymástól megkülönböztetni. Szenült állapotban a zöld és a ragadós muhar nem különíthető el, míg a fakó muhar ráncos háti toklásza nagy segítséget nyújt a határozás során.



39. ábra. A köles- és a muharfajok szemterméseinek elkülönítéséhez használható sematikus ábra.

- Köles – a kitört csírapajzs helye egyharmada/negyede a szemtermésnek, amelynek alakja kerekded, elliptikus.
- Zöld/ragadós muhar – a kitört csírapajzs hossza nagyobb, mint a szemtermés fele, a termés alakja keskenyebb, mint a kölesé és az olaszmuharé. Méretében is kisebb ezeknél a fajoknál.
- Fakó muhar – a kitört csíra alapján nem különíthető el a többi muhartól, de a jellegzetes háti toklász gyakran rajtamarad a szemtermésen.
- Olaszmuhar – a kitört csírapajzs mérete és alakja alapján nem különíthető el egyértelműen a többi muharfajtól, de többnyire azoknál nagyobb, kerekdedebb, és testesebb szemtermése van

PELYVÁS BÚZAFAJOK VILLÁINAK MORFOLÓGIAI VIZSGÁLATA

A pelyvás búzafajok (alakor, tönke, tönköly stb.) kapcsán nemcsak szemtermésleletekkel kell számolnunk egy-egy régészeti lelőhelyen, hanem a virágzat (kalász) egyéb elemeivel is, úgy mint a villák, a pelyvaalapok (kettétört villák), pelyvalevelek, kalászsorsó-töredékek. Ezek közül a villák (a kalászsorsó kis darabja és a pelyvaalapok által alkotott kétágú képződmények) azok a maradványok, amelyek fajszinten meghatározhatók, tehát szemtermések hiánya esetén jelenlétükből következtetések vonhatók le arra vonatkozóan, hogy az adott területen egykoron élt emberek milyen búzafajokat ismertek, használtak, fogyasztottak. A villák, de a többi kalászeredetű maradvány is a cséplési hulladékok közé sorolható, ugyanis csak akkor válnak ki a kalászból, amikor cséplés során igyekszik az ember a csupasz szemtermést kinyerni. Lényegében a villák tartják a kalászkákat, a kalászkák sokasága pedig magát a kalászt alkotja. Tehát nemcsak a búzafajra következtethetünk a villák jelenlétéből, hanem ezek a kis maradványok a helyi cséplésre, így közvetetten a helyi termesztésre is utalhatnak!

A villák különböző alaktani paraméterek szerint határozhatók fajszinten. Általában a villa terpesztésére, a szélességre és a vastagságra, valamint a törési heg alakjára hagyatkozunk a villák fajszintű elkülönítése során. Az alábbi ábrán (balról jobbra) egy alakor, tönke, az először 2000-ben leírt „új pelyvás” búza (ún. NGW) és egy töredékes tönkölyvilla látható abaxiális nézetben (hasi, tehát a kalászsorsó felé néző oldal).



40. ábra. Különböző pelyvás búzafajok villáinak összehasonlító tablója

Megfigyelhető, hogy alapvetően nagyban hasonlítanak a maradványok egymáshoz, de egy-egy paraméterben eltérnek. Sajnos e fajok genetikailag is igen közel állnak egymáshoz, így a morfológiai hasonlóság is igen nagy. Éppen ezért néhány (töredékes) maradványból nehéz egyértelműen megállapítani, hogy melyik fajhoz is tartozhatnak.

Az alakor villái többnyire karcsúak, keskenyek, törékenyek. A törési heg általában lapos és széles. A pelyvaalapok (azaz a villa szarvai) közel párhuzamosak, majdnem függőlegesen állnak, néha egymás felé görbülnek. A pelyvaalapon található elülső borda erős, kifejezett, hasi oldalról élként látszik, a törési heg közeléből, annak alsó vonalából indul. Oldalnézetben nem, vagy csak elvétve figyelhető meg egy-két barázda.

A tönke villái vastkosabbak az alakorénál. A törési heg általában magasabb, mint az alakor esetében, de keskenyebb, ellipszis alakú. A pelyvaalapok többnyire nagy terpesztésűek, de itt is előfordulhat a párhuzamos állás. A pelyvaalap elülső bordája hasi oldalról szinte nem is látszik, mert oldalirányban fejlődött ki jobban, és jóval a törési heg alól, attól egészen távol indul ki. Oldalnézetben több barázda figyelhető meg (az elülső borda miatt is),

Az „új pelyvás búza” villái az eddigi leletek alapján, jóval robusztusabbak, mint az előző két fajé. A törési heg széles és magas, tehát nagyobb kiterjedésű, mint az alakor, tönke és tönköly esetében. Nagyon gyakran egészen kör alakú hegeket is megfigyelhetünk. A pelyvaalapok erősen egymás irányába görbülnek, így jellegzetes U alakot vesznek fel. Néhány lelőhelyen nagy, a tönkéhez hasonló terpesztésű villa is előkerült már. A pelyvaalapok elülső bordái erős élként figyelhetők meg a hasi oldalon. A törési heg alsó ívéhez közeli pontból indulnak. E fajnál a hátsó bordák is jellegzetesek. Erősen kiemelkednek és szinte folyamatos U alakú vonalként figyelhetők meg a villák háti oldalán. E titokzatos fajt a legújabb kutatások a Timofejev-búzafajjal (*Triticum timopheevii*) azonosították.

A negyedik pelyvás búzafaj, amely hazai lelőhelyeken előfordulhat, a tönköly. E faj villái alapvetően jóval nagyobbak, mint az alakor és a tönke villái. Méreteikben az „új pelyvás” búzáéhoz hasonlóak, de kevésbé robusztusak a pelyvaalapok (hozzá kell tenni, hogy a villák mérete a kaláson belül is eltérő lehet). Általában kevésbé görbült, terpesztése a tönkéhez hasonló. A törési heg széles, ám nem túl magas. Oldalnézetben sok barázda látható. Ritkán találni egész, ép tönkölyvillát, nagyon gyakran csak kettétört maradványok kerülnek napvilágra. Érdeemes megjegyezni, hogy a tönkölyből alakult ki mutációval a közönséges búza, amely csupasz jellege miatt már nem rendelkezik villával.

Szőlőmagok alaktani vizsgálata

A hazai archaeobotanikai kutatások csak a 20. század közepétől mutattak nagyobb érdeklődést a szőlő múltja iránt. A római és középkori feltárásokból először szőlőművelő eszközök, majd szőlőmaradványok is szép számban kerültek elő. Az egyre bővülő archaeobotanikai bizonyítékok segítségével nyomon követhetjük a szőlőtermesztés kialakulását és változását a Kárpát-medencében. A *Vitis* nemzetség magjainak alaktani paraméterei kiemelkedő fontossággal bírnak a termesztett és a vadon élő szőlőfajok és kivadult fajtáik elkülönítésében. Magyarországon elsősorban a *Vitis vinifera* L. (syn. *Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*) és az őshonos ligeti szőlő, a *Vitis sylvestris* C.C.Gmel. (syn. *Vitis vinifera* L. ssp. *sylvestris*) magjainak elkülönítése bír régészeti jelentőséggel.

A borszőlő a *Vitaceae* család legjelentősebb faja, amelynek pontos kialakulása napjainkig bizonytalan. Az utolsó jégkorszak után maradt fenn a ligeti szőlő, amely elterjedt egész Európában. A Berettyóújfalunagybócs-dűlő kora neolitikus (Körös kultúra) lelőhelyen (Kr. e. 6000–5700) előkerült magok igazolják, hogy termését hazánk területén már a neolitikumban is gyűjtötték. A ligeti szőlő → borszőlő (*Vitis vinifera* ssp. *vinifera*) átmeneti magtípusa már a bronzkor végén feltűnt az úgynevezett urnasíros kultúra (Kr. e. 1100) egyik lelőhelyén (Sopron-Krautacker I.). A borszőlő Kárpát-medencei megjelenése a kora vaskor végére tehető. A vaskortól kezdve hátrébe szorult a ligeti szőlő, és előtérbe került a borszőlő felhasználása. A ligeti szőlő Kárpát-medencei nemesítése és termesztésbe vonása (háziasítása) is elképzelhető a szőlőben megnyilvánuló formagazdagság miatt. Az eddig több mint hetven régészeti lelőhelyen megtalált szőlőleletek száma meghaladja az egymilliót, melyek közül a szőlőmagok állnak a vizsgálatok fókuszában. A lelőhelyek száma, az ott talált szőlőmagok mennyisége és minősége a Kárpát-medencét a szőlő tekintetében is Európa egyik legjobban kutatott helyévé teszi.

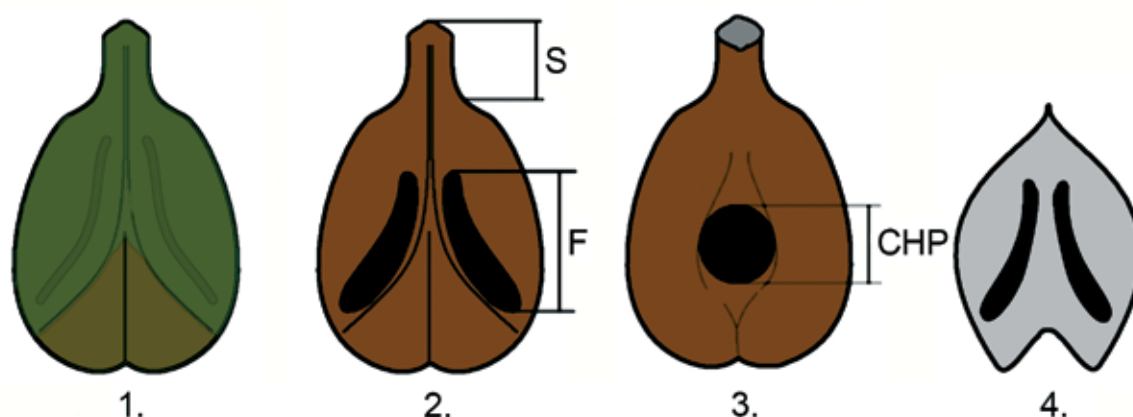
Ezek a vizsgálatok arra hivatottak, hogy a szőlőmagok alaktani tulajdonságai alapján elkülöníthessük a vad és a termesztett fajokat egymástól, illetve kimutathassuk, hogy mely szőlőmagok milyen kultúrkonvergenciát mutatnak, rajtuk milyen mértékben ismerhetők fel a termesztésbe vonás jegyei (nagy szimmetrikus magok hosszú, fejlett csőrökkel stb.). Továbbá a borszőlő esetében a fajtakörök is tisztázhatók, illetve a rokonsági kapcsolatok is feltárhatók valamelyest. Látható tehát, hogy a szőlőmagokból nagyon sok információ kiolvasható. Alapvetően a ligeti szőlő magja kisebb, zömökebb a borszőlőénél, ám ez utóbbi bogyóinak, így magjainak mérete is a metszés hiányából (pl. kivadulás, felhagyás) fakadóan rohamosan csökkenhet.

A szőlőmagok morfológiai vizsgálata során a magok alábbi 10 tulajdonságának (41. ábra) mérésére van szükség:

- maghossz;
- magszélesség;
- magvastagság;
- csőrhossz;
- csőrvastagság;
- chalazapajzs szélessége;
- chalazapajzs tetejének távolsága a csőr tetejétől;
- chalazapajzs hossza;
- csatorna szélessége;
- csatorna hossza.

A hazai szőlőmagvizsgálatokkal foglalkozó tanulmányok igen sok eredményt szolgáltatottak. Hazánkban és Európa más részein, de az amerikai és ázsiai kontinensen is folynak szőlőmagok vizsgálatával kapcsolatos kutatások. A magok alakja és formája faji, illetve fajtabélyeg. Számos ilyen megfigyelés létezik, de a régészeti leletek pontosabb meghatározása, fajtacsoportokba való besorolása még nem történt meg, pedig segítségükkel nyomon lehetne követni az adott faj/fajta elterjedését, fejlődését, ami a szőlő esetében a fajták eredetére és származására, az egyes népek növénytermesztési kapcsolatainak más módon megoldhatatlan kérdéseire is választ adna.

A szőlőmagok különböző morfológiai bélyegeinek leméréséből és aránypárok képzéséből alkottak olyan mutatószámokat, amelyek határozókulcsként használhatók:



41. ábra. 1. Ép szőlőmag a vékony, hártyszerű külső maghéjjal, 2. háti oldal (S = csőr; F = csatorna, CHP = chalaza- avagy csírapajzs), 3. csak fásodó, kemény maghéjjal rendelkező szőlőmag hasi oldala, 4. a fásodó maghéj elbomlása után visszamaradó endospermium

- Stummer-index Terpó korrekcióval, amely a szőlőmagok szélességi és hosszúsági paramétereiből számított arányszámmal kategorizálja a vizsgálati anyagot;
- maghossz;
- csőrhossz/maghossz aránya;
- csőrhossz;
- Mangafa- és Kotsakis-formulák, amelyek a termesztett és a vad szőlőfajok elkülönítését szolgálja, és a magok morfológiai bélyegein felvett adatokból kalkulált értékintervallumok alapján választja szét azokat.

A Szent István Egyetem gödöllői kampuszán is végeztek régészeti korú magokon vizsgálatokat, jelenleg pedig a hazai magleletek fajtatípus-azonosítása zajlik, ahol különböző magmorfometriai elemzések alapján próbáljuk a különböző történelmi korokból fennmaradt szőlőmagokat napjainkban is meglévő régi fajtákkal azonosítani. A több mint száz fajtából kialakított szőlőmaggyűjteményről speciális digitális fotókat készítve, számítógépes programokkal rövid idő alatt nagy mennyiségű magmorfometriai információhoz juthatunk, amelyeket adatbázisban tárolva statisztikai programokkal tetszőleges módon össze is hasonlíthatunk. Erre a célra több morfometriai program is ismert, amelyekkel méret- és alaki tulajdonságokat lehet rögzíteni (pl. *area*, *roundness*, *length*, *breadth*, *formfactor*, *aspect ratio*, *perimeter*, *convexity* stb.).

Jelenlegi vizsgálataink végső célja egy olyan digitális adatbázis létrehozása, amelynek alapján pontosan elvégezhető lesz a régészeti magleletek mai fajtákkal történő összehasonlítása és fajtacsoportokba való besorolása.

Az összes hazai régészeti lelőhelyen talált szőlőmaglelet feldolgozása után létrejön egy összefoglaló adatbázis, amely hiánypótló és sokrétűen felhasználható (pl. segítségével különböző statisztikai kimutatásokat készíthetünk). Megtörténik a magyarországi szőlőmagleletek fajtacsoportokba való besorolása. Az egyedek morfológiai és molekuláris azonosítása lehetőséget teremt a ligeti szőlőhöz legközelebb álló fajták felkutatására is, valamint a történelmi korokban jelenlévő fajtadiverzitás meghatározására. Választ kapunk az egyes fajták terjedésére, és az egyes történelmi korokra vonatkozóan meghatározható lesz, hogy milyen mértékű volt a kultúrkonvergencia. Pontosabb képet kaphatunk továbbá egy-egy időszak társadalmának szokásairól, egykori tájhasználatáról, mezőgazdálkodásáról. Lehetővé válik tehát az is, hogy ezekkel a morfogenetikai vizsgálatokkal kiváltsuk a sokszor rossz megtartás miatt kivitelezhetetlen és egyébként is drága molekuláris genetikai elemzéseket.

A 3. táblázat a fent említett indexeket és formulákat mutatja be aszerint, hogy milyen határok között mozognak, és mely értékek milyen tulajdonságot jelölnek az adott szőlőmaglelete

3. táblázat. A szőlőmag-morfológiában használatos morфомetriai indexek.

Mutatószám típusa	Jelleg	
	termesztett	vad
I. Stummer index Terpó korrekcióval (B/L)		
>0,73		<input checked="" type="checkbox"/>
<0,73	<input checked="" type="checkbox"/>	
II. Mag hossza (L)		
<4,5–5 mm		<input checked="" type="checkbox"/>
>4,5–5 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	
III. Mangafa formulák		
1. formula: (-0,3801+(-30,2*LS/L+0,4564*PCH-1,386*L+2,88*PCH/L+9,4239*LS))		
<-0,2		<input checked="" type="checkbox"/>
-0,2–0,2		<input checked="" type="checkbox"/> (64,7%)
0,2–0,8	<input checked="" type="checkbox"/> (76,2%)	
>0,8	<input checked="" type="checkbox"/>	
2. formula: 0,2951+(-12,64*PCH/L-1,6416*L+4,5131*PCH+9,63*LS/L)		
<-0,2		<input checked="" type="checkbox"/>
-0,2–0,4		<input checked="" type="checkbox"/> (90,1%)
0,4–0,9	<input checked="" type="checkbox"/> (63,3%)	
>0,9	<input checked="" type="checkbox"/>	
3. formula: (-7,491+(1,7715*PCH+0,49*PCH/L+9,56*LS/L))		
<0		<input checked="" type="checkbox"/>
0–0,5		<input checked="" type="checkbox"/> (93,3%)
0,5–0,9	<input checked="" type="checkbox"/> (63,3%)	
>0,9	<input checked="" type="checkbox"/>	
4. formula: 0,7509+(-1,5748*L+5,297*PCH-14,47*PCH/L)		
<-0,9		<input checked="" type="checkbox"/>
-0,9–0,2		<input checked="" type="checkbox"/> (91%)
0,2–1,4	<input checked="" type="checkbox"/> (76,5%)	
>1,4	<input checked="" type="checkbox"/>	
IV. Csőrhossz-maghossz arány (LS/L*100)		
12–18		<input checked="" type="checkbox"/>
18–30 vagy >30	<input checked="" type="checkbox"/>	
V. Csőrhossz		
<2 mm		<input checked="" type="checkbox"/>
>2 mm	<input checked="" type="checkbox"/>	
A magok paramétereinek betűjelei: L=hossz, B=szélesség, T=vastagság, LS=csőrhossz, TS=csőr vastagsága, PCH=chalmazapajzs tetejének távolsága a csőr tetejétől, LCH=pajzs hossza, BCH=pajzs szélessége, LF=csatorna hossza, BF=csatorna szélessége		

SZŐLŐMARADVÁNYOK EGY AVAR KORI FEGYVERES FÉRFI SÍRJÁBÓL

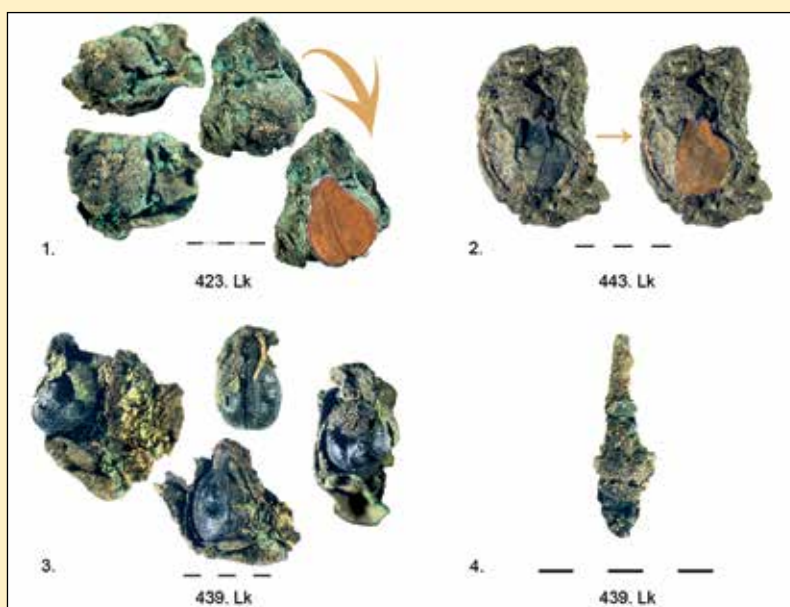
(Dunaszentgyörgy-Kaszás-tanya)

Az M6-os autópálya dunaszentgyörgyi szakaszán feltárt Tengelic-Kaszás tanya (RM 20) lelőhelyről (ásatásvezető: Kiss Csaba Kálmán) összesen 89 kis térfogatú (kb. 100 cm³/db) talajminta (edénybetöltések, sírok betöltésének anyagai) állt rendelkezésre az archaeobotanikai feldolgozáshoz. A talajmintákat a halott jobb csipőjétől, az övkészletének maradványai alól és mellől szisztematikusan gyűjtötték fel. A bőröv maradványait tartalmazó mintákban már szabad szemmel is láthatók voltak a fémkorrózió által megőrzött és elszíneződött kékes-zöldes, feketés szőlőmagok. A kiváló megtartású magok morfológiai vizsgálatai a magyarországi avar kutatás számára kimagasló értékkel bírtak. Magyarországon az avar kori szőlőmaradványok nagyon ritkák. Mindössze hat lelőhelyről ismerünk szőlőre utaló maradványokat. Keszthely-Fenekpuszta 6–7. századi sírjaiból már ismerünk szenült szőlőmagokat. A fonyód-bélatelepi (7–9. század) leletegyüttesben, amelyet Füzes Miklós gyűjtött fel, több mint 250 szőlőmag és töredéke fordult elő. Az ezen a lelőhelyen egykoron élt lakosságot szláv etnikumúnak (Bjelo Brdo-kultúra) ítélték meg. Facsar Géza szerint ezek a szőlőleletek egyértelműen termesztett szőlőre utalnak, és minimum három különböző magtípus (tehát három termesztett fajta) található közöttük. Facsar szintén említést tesz két szőlőmagról, amelyeket a késő népvándorlás kori (9. század) Balatonszentgyörgy lelőhely két sírjában találtak, és amelyek a dunaszentgyörgyi esethez hasonlóan „vassók” miatt őrződtek meg. E két magot ételmellékletként azonosították, ám a pontosabb feldolgozás (pl. morfometriai vizsgálat) már nem történt meg. Szintén 9. századi lelet Főnyeg-Szegerdő lelőhely venyigedarabja, amelyet a tűz által elpusztult telep egyik házának falából tártak fel. Ugyanebből a századból Zalavárról is ismerünk bortermőszőlő-leleteket. Egy érdekes osztrák párhuzam is megemlíthető: Frohsdorf lelőhely 8. századi avar fiatal férfi sírjában fémkorrózió (amely a bronz övveretből kioldódó fémek hatására ment végbe) által megtartott gyümölcsök (alma, mogyoró és tölgyemák) maradványaira bukkantak a régészek a halott combcsontjának felső részénél. A cikk szerzői a tanulmány végén kitérnek e növényfajok magvainak az avar gondolatvilágban esetlegesen betöltött szimbolikus jelentéseire is.

Nem perdöntő bizonyíték a borkészítésre és a szőlőművelésre a 10. században íródott Suda-lexikon avarokra vonatkozó leírása sem, amely szerint a korban gyakoriak voltak a bortól való lerészegedések. Olajos munkájában szintén a Suda-lexikon sorait hozza példaként az avar kaganátus összeomlásának kérdéskörét fejtegetve. A lexikon ide vonatkozó sorai Krum bolgár kán avarok elleni győztes háborújában elejtett foglyok kikérdezését tartalmazzák. Arra a kérdésre, hogy miért pusztult el uralkodójuk és népük, egyértelműen a bor elterjedése és a részegeskedés okozta belső viszályokat adták válaszul.

A Kárpát-medence területén (Morvaszentjános) azonban előkerült egy gazdag kincslet, amelyben több mezőgazdasági eszköz mellett analógiákkal alig rendelkező szőlőmetsző késeket is találtak. A leleteket a bronz övveretek segítségével késő avar korúnak határozták meg (valószínűleg 9. század). Müller Róbert szerint azonban ez az avar szőlőmetsző kés nem mutat analógiát a római kori metszőkésekkel, így az avar kori Kárpát-medencén belüli szőlőművelést nem származtatja a rómaiból. Véleménye szerint a 9. században meginduló keresztény térítők csak nagyon kevés helyen és alacsony fejlettségi fokú szőlőtermesztéssel találkozhattak a Kárpát-medencében, s ezt az is igazolja, hogy a középkori eszközleletek nem mutatnak párhuzamot a rómaival.

Látható tehát, hogy az avarok szőlőtermesztésével kapcsolatos tudásbázisunk igen hiányos és szövevényes. Összességében a fentiek tükrében egyértelműen kijelenthető, hogy mindennemű magyarországi, Kárpát-medence területén előkerült vagy más külföldi párhuzam szőlőleletei, de a fent is említett osztrák eset is, kimagasló figyelmet érdemelnek e kérdéskör megválaszolásánál.



42. ábra. Magokat tartalmazó bogyómaradványok a Dunaszentgyörgy melletti Dunaszentgyörgy-Kaszás-tanya lelőhelyről, valamint egy bogyókocány; Lk = a talajminta leletkísérő száma, lépték = 5 mm

A Tengelic-Kaszás tanya régészeti lelőhely Dunaszentgyörgy külterületén található, a településtől délnyugati irányban. A feltárást az M6-os autópálya kiépítése miatt került sor, felülete megközelíti a 0,6 hektárt. A munkálatok során 374 jelenség került napvilágra. Két árok kivételével mindegyik sír, amelyek egyértelműen a középső és késő avar időszakra keltezhetők. Több temetkezés esetében kerámiamellékletet figyeltek meg, a férfiak sírjaiban pedig a veretes övek megléte volt jellemző. Az itt tárgyalt sír a 64/68 azonosítószámot viseli. Szembetűnő volt az íjcsontok megléte és a (bronz és ezüst) veretes öv. A halottat feltételezhetően koporsóban, halotti ágyon helyezték el. A sír hossza 284 cm volt, a szélessége pedig 131 cm. A betöltés két jól elkülöníthető részre bontható. A 185 cm hosszú csontváz anatómiai rendben került elő, egyenes, háton fekvő pozícióban, karjai a test mellett helyezkedtek el. Viseletéhez a következő tárgyak tartoztak: kölesgyöngyök, ónozott, öntött bronz övgarnitúra aranyozott szíjbújtatóval (indás övcsat, állatküzdelmi jelenetet ábrázoló nagyszíjvég, csüngős pajzs alakú, indás övveretek, övforogók, fonatmintás kisszíjvégek, szív alakú lyukvédő veretek), tordírozott öntött bronzgyűrű, négyszögletes vascsatok. Ezekon kívül előkerült egy átluggatott ólomlemez (szűrő?), bronztubus, reflexíj csontlemezei, háromszárnyú, köpüs vas nyílhegy a nyílvesző darabjával, vaskés a fahüvely maradványával, fémkorróziós megtartású textilmaradvány.

A mintából elkülönített szőlőmaradványok a fémkorrózió folyamata révén őrződtek meg, vagyis a különböző fémek korróziója során kialakuló bevonat (átítatódás) óvta meg a szerves anyagokat a mikroorganizmusok hatásától. A lebontó szervezetek számára ugyanis a fémoxidok toxikus hatásúak, így a réz-, bronz- és vastárgyak közelében nem ritka, hogy szerves maradványok (magok, fa, textil, bőr stb.) igen jó állapotban maradnak fenn. Esetünkben a fémionok a bronz övveretekből, a vaskésből, a csatokból, a késből és a nyílhegyekből is származhattak.

A SÍRBÓL SZÁRMAZÓ SZŐLŐMAGOK VIZSGÁLATAI

I. Stummer-index Terpó korrekcióval Rivera és munkatársai nyomán: A mérések alapján mindegyik mag természetett, és a *V. vinifera* fajhoz tartozik. Az index értéke 0,48 és 0,72 között ingadozik, ami a fejlett és közepesen fejlett természetési szintet jelenti. Érdekes, hogy a más mutatók szerint egyértelműen a vad kategóriába kerülő típusok itt 0,6 körüli értéket mutatnak, ami igazolhatja, hogy vad jellegű, de már természetett szőlőről van szó. Külön figyelmet érdemel a 7. és 9. sorszámú mag, hiszen csőrük sokkal hosszabb, mint a többi magé, és egyben testük is karcsúbb. Ez különösen igaz a 9. számú magra, amely a római korban gyakori, ún. *Apiana* (a mostani Sárga muskotálynak megfelelő fajta) típusú szőlő magjainak leírásával mutat hasonlóságot (Facsar 2000). Mindkét mag Stummer-indexe 0,5 alatt van, ami csemegeszőlő-típusra utal.

II. A mag hossza (Schermann munkája alapján): A töredékes szemek méreteinek becslése a szőlőmagok morfológiai sajátosságainak figyelembe vételével történt. A csőr hiánya miatt a hossz nem becsülhető meg, de a minimális hossz a csőr tövéig vagy a mag válláig a mag oldalainak lefutása alapján jól közelíthető. A mérhető töredékek közül az 1., a 2. és a 10. sorszámú a vad és a természetett határon helyezkedik el, az 5. becsült minimális mérettel is *V. vinifera*, a többi egyértelműen *V. vinifera*.

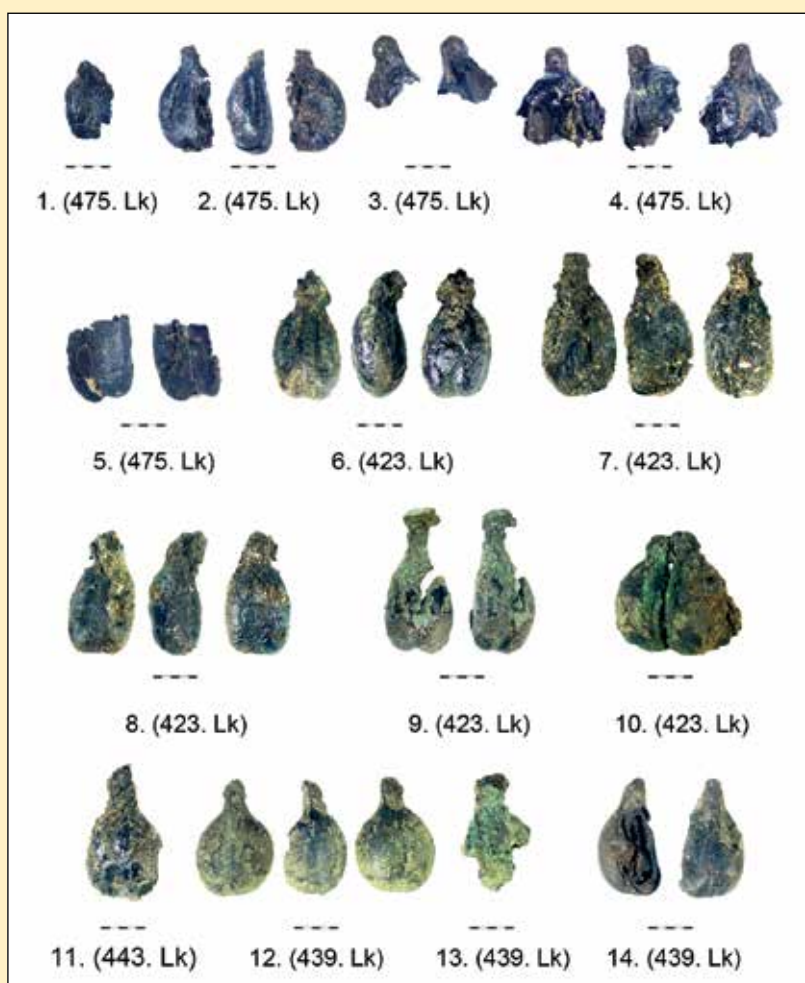
III. Mangafa- és Kotsakis-formulák: A formulák kiszámításához sok mért adatra és aránypárra van szükség. Esetünkben a töredékességük miatt csak kilenc magon lehetett elvégezni ezeket a vizsgálatokat. A formulák elemzése során arra jutottunk, hogy a 2., 10. és 14. sorszámú magok a *vadon* élő szőlő magjaihoz hasonló magok. A többi mag nagyobb méretű és hosszabb, fejlettebb csőrrel rendelkezik, így magukban hordozzák a nemesítés jegyeit, azaz természetett kerti szőlő magjairól beszélhetünk. A vadhoz hasonló alakon kívül még legalább két magtípust lehet elkülöníteni, tehát összesen hármat.

IV. Csőrhossz-maghossz arány (Jacquat és Martionli munkája alapján): Csak azok a magok voltak mérhetőek, amelyek kevésbé töredékesek. Ennek megfelelően a mérhető magok mindegyike *V. vinifera* jelleget mutat.

V. Csőrhossz (Rivera és munkatársai munkája alapján): A kritériumok alapján mérhető szőlőmagok túlnyomó többsége vad formát mutat, de meg kell jegyeznünk, hogy a csőr a szelekció, így a nemesítés hatására növekszik. A magok csőre többnyire rövid, kúpos, esetleg rövid és hengeres, de a 7., 9. és 11. sorszámú jelöltek már nagyobb méretűek, hosszabbak, így a csőrük is hosszabb. Ezt a mérési adatok is alátámasztják. A kivadult, tehát nem metszett szőlőfajták magjának mérete rövid időn belül csökken, arányaik változnak, így a nagyobb méretű magok minden esetben a rendszeres szőlőkezelés indikátoraként foghatók fel.

A Mangafa-formulák alapján *vinifera* típusba sorolható magok további elemzése hosszúság (L), szélesség (B) és vastagság (T) szerint (Facsar munkája alapján): A mérések elvégzését, az aránypárok és formulák felállítását és a különböző szakirodalmi művek tanulmányozását követően arra a következtetésre jutottunk, hogy a megtalált és mérhető, a fémkorrózió miatt megőrzött szőlőmagok/magtöredékek nagy része (kivéve 2., 10., 14.) a kertiszőlő (*V. vinifera*) fajhoz tartozik. Facsar Géza egy korábbi cikkében ötven kertiszőlő-fajta magvait rendeli egymás mellé a hossz (L), a szélesség (B) és a vastagság (T) arányait figyelembe véve. Az e rendszerrel való összevetés eredményét az alábbiak szerint foglalhatjuk össze:

- Az eredmények nem azt jelentik, hogy ezek az avar szőlőmagok az alábbi fajták egykori jelenlétére utalnak, hanem azt, hogy a magok morfológiai jegyei ezekhez a fajtákéhoz közeledek.
- A fenti mérések alapján tehát a magok az alábbi fajtákhoz hasonló formai jellemzőkkel bírnak: Piros kövidinka, Apró fehér, Piros kövidinka, Sárga muskotály, Leányka, Sárga muskotály, Mézes (a vastagsági adatok eltérnek a mértől, de ezek állhatnak a legközelebb), a 12. mag: nagyon lapos mag, arányaiban a Kövidinkához hasonlít, de külalakra nagyban eltér a 6. és 8. magtól, amelyek szintén a Kövidinka arányaival rendelkeznek.



43. ábra. Szőlőmagleletek a Dunaszentgyörgy melletti Dunaszentgyörgy-Kaszás-tanya lelőhelyről.
Lk. = a talajminta leletkísérő száma, lépték = 2 mm

Össességében elmondható, hogy a halott mellett megtalált szőlőmaradványok (magok, bogyók, bogyókocsány) igazolják, hogy az egész szőlőszemek nem véletlenül kerültek a sírba. Az odakerülés okai lehetnek:

- A fegyveres férfi még életében rakta el egy feltételezett tarsolyba a szőlőszemeket.
- A fegyveres férfi számára ételmellékletként helyezték egy tarsolyba vagy a „keze ügyébe” a különálló, akár különböző színű (pl. piros és zöld) héjú szőlőbogyókat.

Szőlőfűről egyértelműen nem beszélhetünk, hiszen a magok nagyon eltérőek, így biztosan nem egy fajtához, sőt akár nem is egy fajhoz tartoztak. A szőlő avarok általi termesztésére e magok még mindig nem nyújtanak elegendő bizonyítékot, de mindenképpen igazolják azt, hogy e nép kapcsolatban állt a kerti szőlő több termesztett (a nemesítés fejlettebb fokán álló) fajtájával, ezen belül csemege- és borszőlőfajtákkal egyaránt. Talán a helybeni szőlőtermesztést támaszthatja alá az a tény is, hogy a lelőhely más objektumaiból származó talajminták törpe búza (*Triticum aestivum* ssp. cf. *compactum* [Host] Mac Key) és kenyérbúza (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* L.) maradványokat is tartalmaztak. E két faj egyértelműen a letelepedett népek fejlett mezőgazdaságára jellemző. A leletek alapján nem bizonyítható az sem, hogy a halott mellett friss és érett, vagy esetleg mazsola állapotra aszalt szőlőszemek voltak-e. Végezetül pedig a továbbra is megválaszolandó kérdések kerülnek felsorolásra:

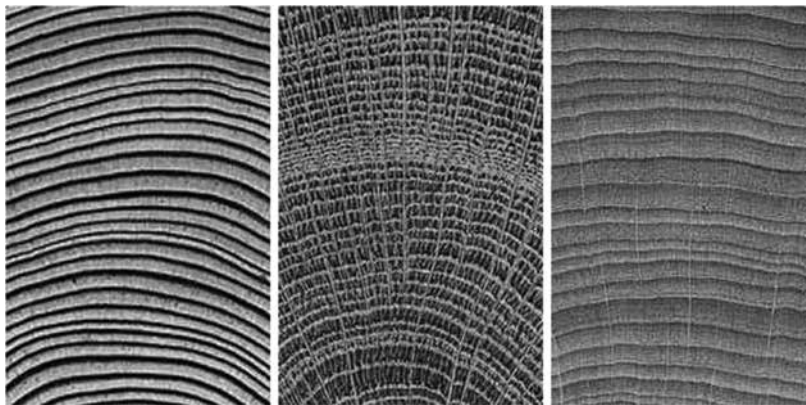
- 1) Volt-e kontinuitás a római szőlőtermesztés és a kora középkor között?
- 2) Termesztettek-e szőlőt az avarok vagy a szlávok?
- 3) Ha nem, akkor kivel álltak kereskedelmi kapcsolatban? A szőlőből jól szállítható mazsola és bor nyerhető, esetleg ez volt a kereskedelmi formája?
- 4) Ha termesztettek szőlőt az avarok vagy a szlávok, milyen vaseszközök segítségével művelték?
- 5) Miért találunk késő népvándorlás kori sírokban szőlőmagokat, szőlőművelésre utaló vaseszközöket pedig nem?
- 6) Elvégezhető-e más vaseszközökkel azok a munkafolyamatok, műveletek, amelyekre klasszikusan a szőlőmetsző kést használták?
- 7) Előfordulhat, hogy bizonyos avar vaseszközöket, késeket nem hoztak összefüggésbe szőlőműveléssel (pl. mert formailag nem hasonlított a korábban ismert szőlőmetsző késekre)?

FA- ÉS FASZÉNMARADVÁNYOK MEGHATÁROZÁSÁNAK LÉPÉSEI

A famaradványok vizsgálatának első lépése a minta megfelelő dokumentálását követően a makroszkópos vizsgálat. A minta alakja, színe, felülete, maga a befoglaló tárgy vizsgálata (pl. az oszlop, amelyből a minta származik, vagy a fémeszköz, amelynek korróziója révén konzerválódott és a tárgy felületén rögzült a faanyag stb.), hiszen ezek mind információt jelentenek a mintával kapcsolatban. A makroszkópos vizsgálat során vannak olyan jellegzetességek, amelyek útba igazítanak bennünket a határozás során. Ilyen a keresztmetszet képe (28. ábra), amely jól elkülöníthető a három fő faanatómiai csoport (nyitvatermők, gyűrűlikacsú és szórtlikacsú lombos fák) szempontjából (44. ábra). A nyitvatermők esetében fontos megjegyezni, hogy a nemzetközi irodalomban a *coniferous* kifejezést alkalmazzák erre az anatómiai csoportra, ami lefordítva toboztermőt jelent, tehát a hazai növényrendszertanban a *Coniferopsida*, azaz a Toboztermők osztályának felelne meg. Mivel azonban így kimaradna a Ginkgófák, a Tiszafák és a Gnétumok osztálya (utóbbiba a csikófark tartozik hazánkban), a törzsszintű nyitvatermők kifejezést célszerű használni.

A faanatómiai határozók a fák makroszkópos képétől indulva végigvezetnek bennünket a határozás folyamatán, így most csupán néhány jelentősebb képletre térünk ki. A fa- és faszénhatározáshoz használható legfontosabb források megtalálhatók alább, valamint a javasolt és felhasznált irodalom listájában:

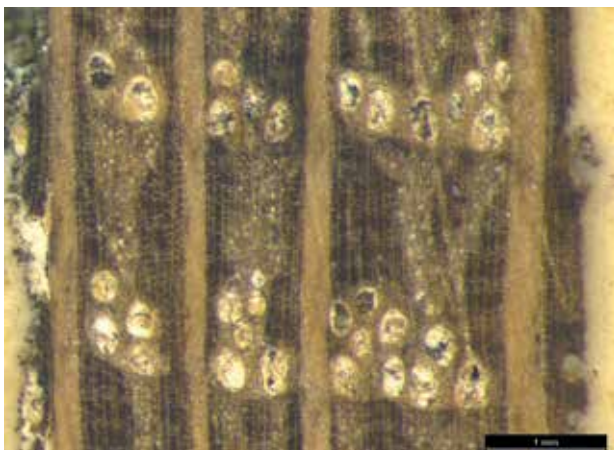
- Babos (1994): *Faanyagismeret és fafaj-meghatározás restaurátoroknak*
- Greguss (1943): *A közép-európai fák és cserjék meghatározása szövettani alapon*
- Schoch et al (2004): *Wood anatomy of Central European Species*
- Schweingruber (1990): *Microscopic Wood Anatomy – Structural variability of stems and twigs in recent and subfossil woods from Central Europe*



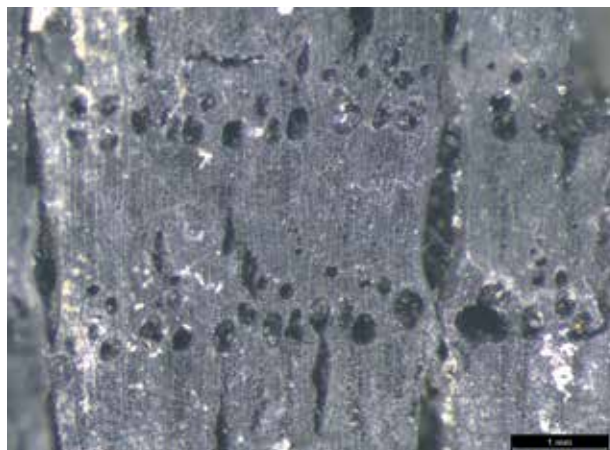
44. ábra. A nyitvatermők, gyűrűlikacsú és szórtlikacsú lombos fákra jellemző makroszkópos keresztmetszeti képek

A felszíneken felfedezhető jellegzetességek (pl. bél, geszt, szíjács, kambium, kéreg, évgyűrű, bélsugár stb.) sokszor szabad szemmel, kézi nagyítóval vagy lupéval (5–20-szoros nagyításon) is jól láthatók. A régészeti faanyagok esetében azonban – mivel átmentek valamilyen átalakulási folyamaton – ezek gyakran nem észlelhetők, sőt gyakran előfordul, hogy a határozás nem is jut tovább a három fő faanatómiai csoportba (nyitvatermők, gyűrűlikacsú és szórtlikacsú lombos fák) sorolásnál (45., 46. és 47. ábra).

A makroszkópos vizsgálatot követően mikroszkópos vizsgálatra kerül sor, amelyet általában sztereomikroszkóppal, biológiai vagy összetett mikroszkóppal, illetve pásztázó elektronmikroszkóppal végeznek. A sztereomikroszkópos vizsgálat esetében a minta vizsgálható egyben, nem szükséges preparátum készítése (ha a tárgy akkora, hogy nem fér a mikroszkóp alá, pl. gerendák esetében, természetesen elengedhetetlen a mintavétel). Amikor a minta roncsolására nincs lehetőség, a vizsgálat megkezdése előtt mindig egyeztetni kell a feltárást vezető/felelős régésszel, hogy a vizsgálat során milyen módszereket tart elképzelhetőnek. Az összetett vagy biológiai mikroszkóppal végzett vizsgálat vékony metszeteken vagy vékony csiszolatokon, az elektronmikroszkópos vizsgálat kis kiterjedésű mintákon történik. A mikroszkopizálás során megfigyelhetők többek között a határozás szempontjából alapvető évgyűrűk, edények, parenchima, szerkezet, bélsugár. Az évgyűrűkön belül megkülönböztetünk korai (tavaszi és kora nyári) és késői (nyári) pásztát (48. ábra). A tavaszi pásztában inkább nagyobb üregű vízszállító parenchimatikus és kevesebb

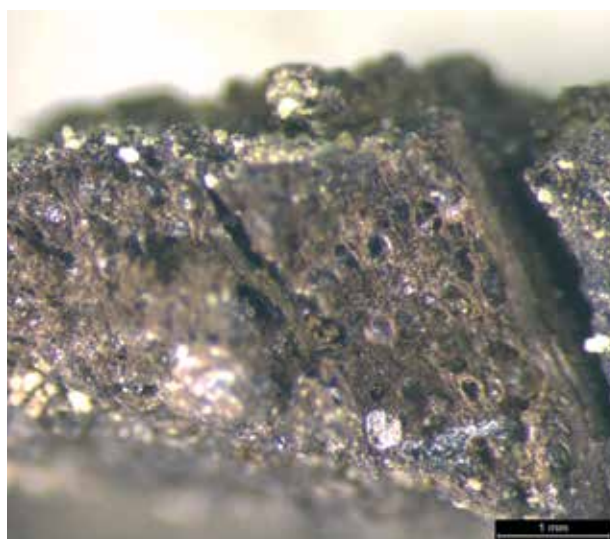


45. ábra. Élő fából vett minta, kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* Liebl.) csiszolással kialakított keresztmetszeti felülete

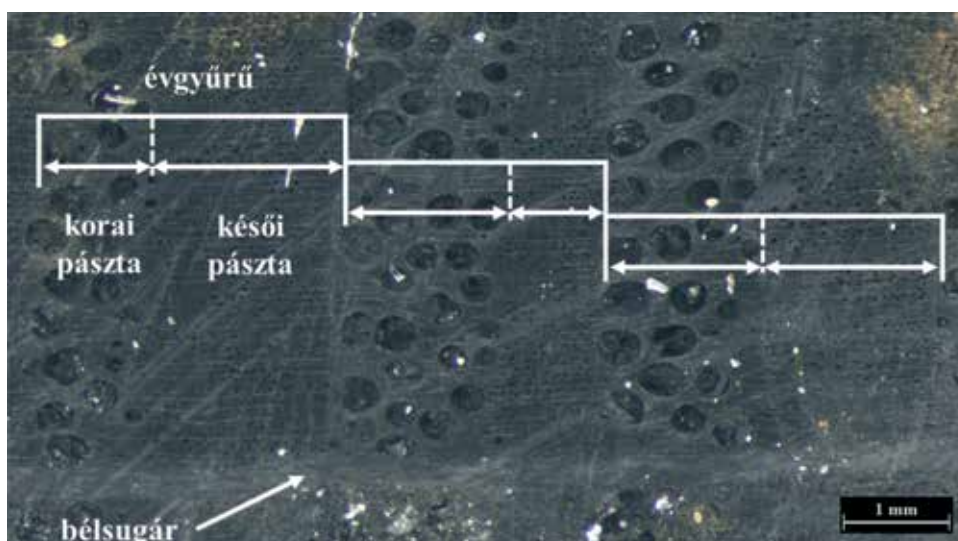


46. ábra. Szenült faanyag, kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* Liebl.) töréssel kialakított keresztmetszeti felülete

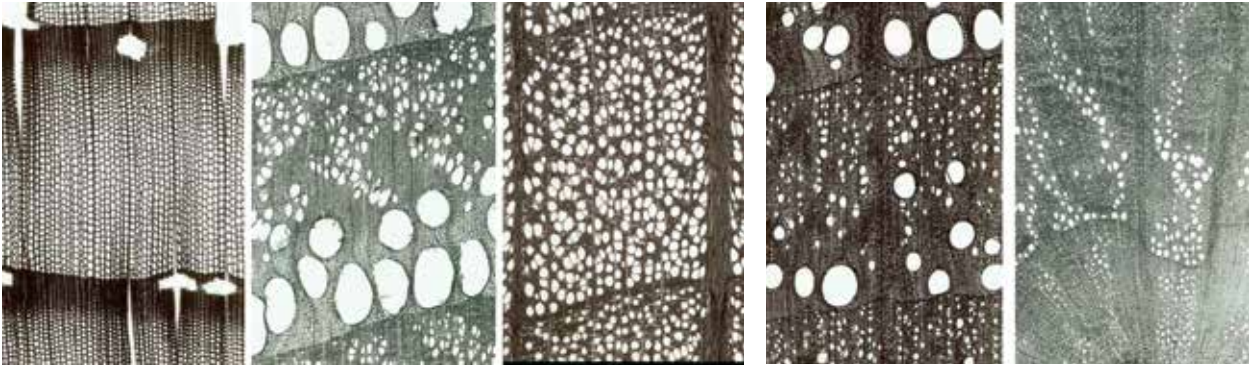
szilárdító sejt található, mint a késői pásztában. Az évgyűrűk szélessége (azaz a fa adott évi növekedése) számos tényezőtől függ, így a növekedési trendek felvétele, összevetése kifejezetten fontos a dendrokronológia és társtudományai számára. A korai és késői pászta aránya az évgyűrűn belül szintén tartalmaz információt, emiatt az évgyűrűk szélességének mérését célszerű pásztákra bontva végezni. A 48. ábrán látható bal oldali és középső évgyűrű szélessége szinte ezred milliméterre megegyezik, azonban a pászták aránya lényegesen eltér, tehát előbbi szempontból egyforma két évről van szó, utóbbi szempontból pedig két különbözőről – a keskeny korai pászta jelenthet pl. kevesebb téli vagy tavaszi csapadékot, elhúzódó telet stb. Az évgyűrűk képe különbözik a három fő faanatómiai csoport esetében (49. ábra).



47. ábra. Fémes megtartású faanyag, valamely tölgyfaj (*Quercus* sp.) roncsolódott keresztmetszeti felülete



48. ábra. Vízben konzerválódott faanyag, kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) borotvapengével kialakított keresztmetszeti felülete



49. ábra. Feketefenyő (nyitvatermő), szelídgesztenye (gyűrűslikacsú) és bükk (szórt likacsú) keresztmetszete

50. ábra. Kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.) törzsének és hajtásának keresztmetszete

Az évgyűrűk egy adott egyeden belül lehetnek keskenyek vagy szélesek (pl. tölgyek határozásánál a széles évgyűrűk felépítése mérvadó), de számít, hogy a növény mely fás részéből származnak, mert pl. a fiatal hajtás évgyűrűinek képe különbözhet a törzs évgyűrűinek képétől (50. ábra).

Az évgyűrűk határának élessége, hullámossága, az évgyűrűkben található edények és ezek alakja, mérete, mennyisége, elhelyezkedése, rendeződése, áttörése, a bennük előforduló tiliszek mind-mind fontos határozó bélyegek (lásd III. fejezet avar kori nyílvesszők xylotómiai eredményeit bemutató tanulmánya). Nyitvatermők esetében külön meg kell említeni a gyantajaratokat és a keresztződési mezőket mint az azonosítást segítő képleteket. A bélsugarak (48. ábra) is kiemelendő jelentőségük a határozás során, mert szélességük, hosszúságuk, magasságuk, hetero- vagy homogenitásuk, halmozottságuk szintén faji jellegzetesség.

DENDROKRONOLÓGIA

A dendrokronológia a famaradványok kormeghatározásával foglalkozó egyetlen olyan segédtudománya a régészetnek, amely képes éves pontosságú kormeghatározásra. A tudományos módszertan alapja, hogy a fásszárú növények növekedése során keletkező évgyűrűk szélességeit lemérve növekedési adatsor állítható össze, amely specifikus az adott terület adott fafajának egyedeire. Mivel a növények növekedését a fajra jellemző tulajdonságokon kívül a különböző külső környezeti tényezők is befolyásolják, ezért a növekedési adatsorok egyediek lesznek és jellegzetes szakaszokat, növekedési jelenségeket tartalmaznak (történeti elv). Amennyiben két adatsor ugyanazokat a jellegzetes szakaszokat tartalmazza, akkor egy időben, hozzávetőlegesen közeli helyen történt a növekedésük (szinkron elv). Ezek alapján, ha két különböző adatsornak egyforma szakaszai vannak, akkor azok összeilleszthetők (átlapolás elve), így egy adott terület adott fajára jellemző kronológiai adatsor hosszabbítható. Amennyiben az adatsor valamely pontja vagy pontjai dátumhoz rögzíthetők, akkor alkalmassá válik datálásra, hiszen ha egy ismeretlen korú minta tartalmaz olyan szakaszokat, amelyek alapján hozzáilleszhető a datált adatsorhoz, akkor megállapítható a kora.

A módszernek számos előnye mellett számos korlátja is van, hiszen teljesülnie kell az azonos fafaj, azonos vagy közeli lokalitás (amelynek nagysága területenként változik) és a legalább 30 évgyűrűt tartalmazó maradvány kritériumának (hozzávetőlegesen 30 év már tartalmaz annyi egyedi növekedési szakaszt, amennyi nem ismétlődhetett az idő során). További nehézséget jelent például, hogy a faanyagok újra felhasználhatók, így egy épület kora nem feltétlenül állapítható meg az építkezés során használt faanyagok kora alapján.

Magyarországon dendrokronológiával, illetve társtudomány-területekkel (pl. dendroökológia, dendrogeomorfológia, dendroarchaeológia, dendroklimatológia) foglalkozó intézmények a következők:

Magyar Dendrokronológiai Laboratórium – Cincér Bt.

Budapest Tree-Ring Laboratory – Eötvös Loránd Tudományegyetem, Őslénytani Tanszék

Dendrológiai Laboratórium – Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

Szegedi Tudományegyetem, Földtani és Őslénytani Tanszék

Korábban a Magyar Nemzeti Múzeum Nemzeti Örökségvédelmi Központ Alkalmazott Természettudományi Laboratóriuma is végzett ilyen vizsgálatokat.

Nyitvatermők főbb anatómiai bélyegei

- Fatestük egyszerűbb mint a lombos fáké
- A fatestben edények nincsenek, az anyagszállítást sejtek, tracheidák végzik
- A tracheidák hossza jóval meghaladja a lombos fákban található tracheidák hosszát
- A tracheidák sugároltali falai vermesen gödörkézettek
- A tracheidák elhelyezkedése sugárirányú, szabályos, faluk gyakran vastagodott
- A tracheidák végzik a szilárdítást is
- A korai pásztaban inkább szállító, a későiben inkább szilárdító elemek vannak
- Hosszparenchima általában kevés vagy nincs
- Gyantajáratok megléte vagy hiánya

Lombos fák főbb anatómiai bélyegei

- A szállítást edények (tracheák) végzik, a tracheidák másodlagos fontosságúak a szállításban
- Az edények szórtan vagy gyűrűsen helyezkednek el
- Tipikus szilárdítóelemek végzik a mechanikai feladatokat
- Hosszparenchima nagyobb mennyiségben és gyakran specifikus elrendeződésben fordul elő
- Bélsugarak nagy változatossága
- Heterogén bélsugarakban haránttracheidák nincsenek

A határozás eredményét mindig a legmagasabb faanatómiai/rendszertani szinten kell megadni:

Nyitvatermők – Gyűrűslikacsú lombos fák – Szórt likacsú lombos fák

Törzs – Osztály – Rend – Család – Nemzetség – Fajcsoport – Faj

Megemlítendő, hogy a gyűrűslikacsúak és a szórtlikacsúak között átmeneti csoport is létezik.

Amennyiben a határozás során csak valószínűsíteni tudjuk a rendszertani szintet, akkor v.sim. rövidítéssel jelöljük. Ha nem tudjuk meghatározni a fajt, akkor sp. (latin: *species*) rövidítést alkalmazunk. Számos esetben a nemzetségen, illetve a fajcsoporton belül nem különböztethetők meg fajok, illetve egyes fajok vagy a fajok egy része, ebben az esetben az spp. rövidítést alkalmazzuk. Összevonva az előbbieket, ha nem vagyunk benne biztosak, hogy tölgyről és melyik fajról van szó, akkor v.sim. *Quercus* sp. jelölést alkalmazunk.

Az egyes fajok elkülönítésénél fontossággal bírhat a lelet vagy a minta előkerülési helyének, korának, a felhasználás módjának, az egyes fajok ökológiai igényeinek, az egykori klimatikus viszonyoknak a figyelembe vétele. Ugyanakkor ezek a háttér adatok félre is vezethetnek, hiszen például egy eszköz vagy épületem nem feltétlenül helyben termelt és feldolgozott faanyagból készült. Ezért ami tényszerűen nem bizonyítható, az nem írható le tényként, de minden rendelkezésünkre álló információt le kell írunk, függetlenül attól, hogy biztosabbá vagy bizonytalanabbá teszi-e határozásunk eredményét (lásd avar nyílvesszők esettanulmány). Az egyes fajok ismerveiről, felhasználásáról, ökológiai igényeiről, elterjedéséről az ajánlott és felhasznált irodalom listájában felsorolt művekből tájékozódhatunk bővebben.

ÉTEL- ÉS ITALMARADVÁNYOK

A régészeti feltárásokból csak igen ritkán kerülnek elő ételmaradványok, még ritkábban italmaradványok. Az ásatásokon talált ilyen jellegű maradványok minden másnál jobban utalnak az elmúlt korok népeinek táplálkozására. Az élelmiszer-maradványok önálló formában (liszt-, kása-, kenyérmaradványok) vagy tárgyakra tapadtan (fémtárgyak felületén, kerámiaedények és kerámiatöredékek belső falára, peremére, aljára kozmálva) fordulnak elő. Elemzésük makroszkopikus, mikroszkopikus és analitikai kémiai eljárásokkal is történhet. Az ételmaradványokból kimutatható vegyületszámok száma alacsony, ami gyakran a hőhatásra és a lelet korára (megtartási formájára) vezethető vissza.

Magyarországon az archaeobotanikai kutatás megindulásának kezdeti időszakától napjainkig mintegy 120 lelőhelyen megközelítőleg 15 ezer db ételmaradvány-lelet került elő a neolitikumtól az újkorig terjedő időkből. Ezek döntő többsége gabonakásák apró töredéke. Részletes vizsgálatra alkalmas mennyiség ez idáig csak néhány lelőhelyről került elő, ám ezek között már 16 különböző étel- és italféleség került elem-

zésre. A vizsgálatok eredményeképpen típusuk, készítési módjuk és összetételük többé-kevésbé megállapítható volt. A szilárd készételekhez képest a folyékony élelmiszerek (főként italok, levesek) maradványai nagyon ritkán kerülnek napvilágra. Eddig mindössze öt italmaradványt (őskori sör, bor és gyümölcsbor, ókori borok) ismerünk Magyarország területéről.

Az ételek alapanyagát mindig a rendelkezésre álló növényi források, elsősorban a gabonafélék jelentették, amelyeket felhasználásuktól függően többnyire durvára vagy finomra őrölték, és kását, kenyeret vagy süteményt készítettek belőlük. Ide kell még sorolni a vadon termő és nemes gyümölcsöket, fűszer- és gyógynövényeket is.

Az régészeti korokból előkerült ételmaradványok zsírsavvizsgálatai azt mutatják, hogy a Kárpát-medencében elsősorban állati zsiradékkal (sertészsír, birka- vagy juhaggyú) főztek. Olajos növények magjai alig ismertek az újkorig. Mindez klimatikus és kulturális okokra egyaránt visszavezethető, és jelentős különbséget mutatnak a tőlünk nyugatra és délre lévő kultúrákhoz képest. Ugyanakkor a gyűjtögetett vadgyümölcsök ételként és italként való felhasználása rendszeres és bevett szokás volt, továbbá direkt és indirekt bizonyítékok szerint az itt élők már legrégebb idők óta fogyasztanak alkoholtartalmú italokat.

A leggyakoribb készételmaradványok korszaktól függetlenül a gabonafajok (árpa, pelyvás és csupasz búzák, rozs, köles) felhasználásával készült kásajellegű ételek és a kenyerek (kelesztett és kelesztetlen) morzsái, kisebb töredékei, ritkább esetben nagyobb maradványai (51. ábra). Az ilyen készételek töredékeinek meghatározása nagyon nehéz, sőt sokszor egyáltalán nem is lehetséges. Kiemelten fontos a régészeti környezet figyelembevétele (edénybetöltésből, sírból, tűzhelyből vagy kemencéből került-e elő a kérdéses lelet) – pl. a temetőfeltárások során a sírokban talált edények azt sugallják, hogy a túlvilágra vezető hosszú út előtt étellel és itallal látták el az elhunytat. Vajon így van-e, és ha igen, milyen ételeket tettek a halott mellé?

Az ásatások leggyakoribb és legnagyobb mennyiségben előforduló lelete a kerámia. Az olykor rendkívül nagy számban előforduló cserép a maga előállítási módjával, díszítésével és formájával a klasszikus régészet igen fontos, ha nem a legfontosabb kormeghatározó eleme. Számos esetben – még ha teljes edényre is bukkannak a régészek – nem tudják megmondani róla, hogy milyen célból készült, mit főztek vagy mit tartottak benne. Az edényekből származó ételmaradványok elemzése hivatott ennek a kérdésnek az eldöntésére. Ezért nagyon fontos, hogy a feltárást követően az edényeket és a cseréptöredékeket még a mosás előtt tüzetesen megvizsgálják.

A régészeti feltárásokból tehát csak rendkívül ritkán kerülnek elő ételmaradványok. Ennek egyik oka az, hogy természetes körülmények között ezeket a szerves anyagokat a mikroorganizmusok gyorsan lebontják. A másik pedig az, hogy felismerésük során nagy gyakorlatra, elemzésükhöz összetett (botanikai, vegyészti stb.) ismeretekre van szükség.

A lisztőrlés mértéke, ásványi szemcsék megléte

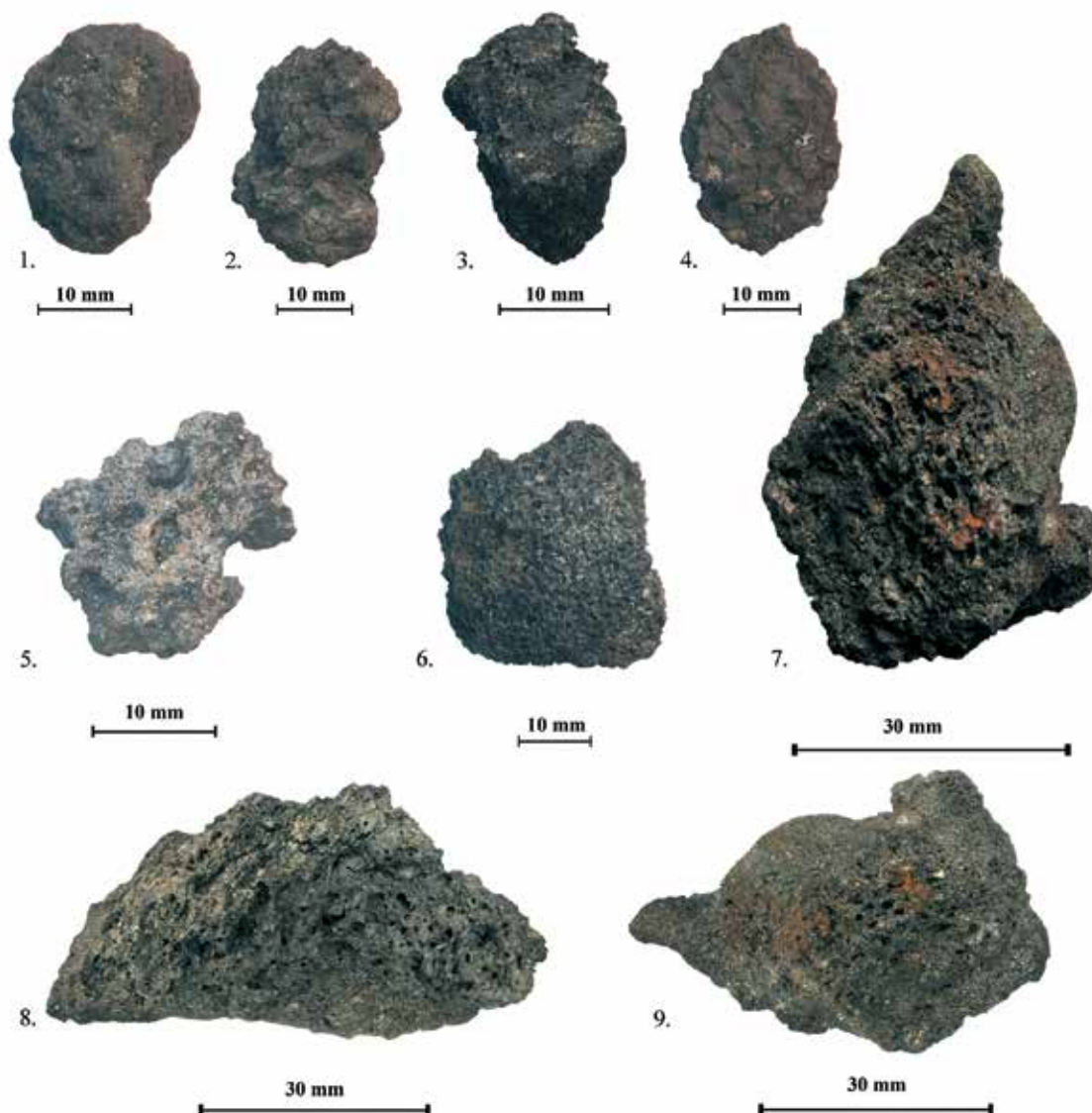
A gabonaőrlemény felhasználásával készült ételféleségeknél a szemcseméret (liszt, finom vagy durva dara) sokat elárul az őrlésről. A szemcseméret-elosztásból következtetni tudunk a gabonaőrleményből készült ételféleség előkészítésére, sütésének, főzésének körülményeire. A tört gabonaszemből készült (bulgur) és a finomlisztből előállított kásák is előfordultak a történelmi korszakokban. Az őrlés során az őrleőkövek anyaga is belekerül a lisztbe, és gyakran ezek is megfigyelhetők az ételmorzsák szövetében.

Buborékok mérete és alakja

Segítségükkel tisztázni lehet, hogy az adott tésztaféleség kelesztéssel vagy anélkül készült, mert a tejsavas erjedés során keletkező gázbuborékok (CO₂ felszabadulás) egyenletlen szerkezetűvé teszik a készétel szövetét. A kelesztett kenyér szerkezetében hálózatosan, sűrűn elhelyezkedő buborékok a jellemzőek, míg a lepénykenyerek esetében sűrűbb a szövet, a buborékok ritkásan helyezkednek el. A lisztből főzött ételek esetében pedig tűszúrásnyi buborékok láthatók a sűrű masszában.

Felszín

A szenült tésztafélek felülete nagyon gyakran fényes. Ez nem más, mint a zsírsavak sóinak hő hatására történő kiválása. Amennyiben ilyen tapasztalunk, jó eséllyel valamilyen zsír vagy faggyú hozzáadásával készült ételről van szó.



51. ábra. Gabonából készült különböző kásátöredékek (1–4.) és kelesztett kenyérdarabkák (5–9.)

Termésmaradványok megléte

A készételek maradványaiban olykor egész gabonaszemeket, illetve más növényi magvakat (pl. hüvelyeseket) is megfigyelhetünk. Ez egyértelműsítheti az étel jellegét (kása vagy kenyér), illetve a felhasznált növényfajokat. A modern korban divatos reformétkezés is gyakran alkalmaz olyan praktikákat, amelyek során egész gabonaszemeket (néha csírázott állapotban) sütnek a kenyérbe, illetve a főzelékek kapcsán egyértelműen egész (vagy felezett) hüvelyes magvak felhasználásával kell számolnunk.

Kémiai elemzés

Levesek, gyökérgörségek felhasználásával vagy hús hozzáadásával készült egytálételek elemzéséhez azonban már mikroszkopikus és analitikai kémiai vizsgálatokra van szükség. Az élelmiszer-maradványok mikroszkopikus feldolgozásának területén Netolitzky munkássága úttörő jellegű. A délnémet és svájci cölöpépítményekből származó őskori liszt-, kása-, kenyér-, sütemény- és egyéb főzési maradványok elemzéséhez Währen mikroszkópos technikával egyesített makroszkópos eljárást dolgozott ki. Észak-Európában Hjelmqvist, Németországban Schlichtherle, Svájcban Richter és a fent is említett Währen, Szlovákiában Hajnalová, Pieta és Plachá foglalkozik ilyen, vagy ehhez hasonló vizsgálatokkal. Munkásságuk hozzájárult a lepény- és a kelesztett kenyér létrejöttéhez vezető hosszú út, valamint az őskori ember táplálkozási szokásainak és gasztronómiai kultúrájának megismeréséhez.

KÜLÖNLEGES KÉSZÉTEL- ÉS ITALMARADVÁNYOK A KÁRPÁT-MEDENCE RÉGÉSZETÉBŐL

Az eddig elemzett hazai ételmaradványok igen gazdagok. Valamennyi ételféleség megtalálható közöttük. Már Deininger Imre 1876-ban az Aggteleki barlang növényleleteinek feldolgozása során gomborkás (*Camelina sativa*) kenyeret talált. Az őskori mázatlan főzőedényekben a vízszivárgás meggátlása érdekében olykor több étel is főztek anélkül, hogy elmosták volna. Ezek az odakozmált ételek később rácementálódtak a felületre és belső kerget képeztek az edényen. Erre mindenekelőtt a rántott leves volt alkalmas. Ilyen maradvány kerül napvilágra Zalaszentbalázs-Szőlőhegyi mező kora rézkori (késő Lengyel-kultúra – Balaton-Lasinja-kultúra egyik cseréptöredékén).

Neolitikum és rézkor

A múltban azonban a különböző finomságú gabonaőrleményekből főzött kásák és sütött kenyerek voltak a legelterjedtebbek. Már a neolitikum kezdeti időszakából ismertek ilyen maradványok (Körös-kultúra: Ibrány-Nagyerdő), de majdnem minden őskori települési rétegben, házak padlószintjein, tüzelőhelyek közelében és szemétdödrökben ott vannak ezek a szenült apró kásarögök, így Tiszapolgár/Csősshalom és Regéc középső neolitikus lelőhelyén, a rézkori Győr-Szabadrétdomb Boleráz-kultúra idejéből való telepein és a Rákospalota mellett épült M0-ás gyűrű ugyancsak rézkori lelőhelyén is. A Mosonszentmiklós-Pálmajor dunántúli vonaldiszes kerámia-kultúra idejéből származó kásmaradványok porozitása eltér a kásáknál megszokottól, felületük pedig a sülés során kivált és átkristályosodott zsírsavak sói miatt fényes. Növényi alapú egytálétel maradványai lehetnek. Házépítés sajátos ételáldozatait is megtalálni a késő neolitikum idejéből.

Bronzkor

Az ételféleségek egész sora került elő a kora bronzkori harangedény népesség Budapest-Hollandi út, Szigetszentmiklós-Üdülősor, Albertfalva-Hunyadi út lelőhelyein. Meglepő módon mégis a legtöbb és legváltozatosabb őskori maradvánnyal a harangedény népesség budakalászi temetője szolgált. Megtalálható volt itt a kása, húsos kása, kelesztett- és lepénykenyér maradványa. A kelesztett kenyeret a középső bronzkortól már több alkalommal kimutatták: az Ottomány-kultúrához tartozó Túrkeve-Terehalom leégett konyhájának járószintjéről és a Kyjatice-kultúra Ludas-Varjú-dűlői késő bronzkori telepének gödréből. Ennek ellenére a legelterjedtebb ételtípus továbbra is a kása maradt. Ilyen gabonakása-töredékek kerültek elő Bölske-Vörösgyír középső bronzkori tellrétegében.

Az őskori háziasszonyok konyhatitkaiba engednek bepillantást a Gőr-Kápolnadomb késő bronzkori telep feltárásain talált, valószínűleg kenyér/kásatöredékek. Az őskori ételmaradványok sorában a legjelentősebb helyet a Balatonmagyaród-Hídvégpuszta késő bronzkori halomsíros kultúrájához tartozó egyik hulladékgödörnek ételmaradványai foglalják el. Megtalálható itt számos ételféleség: köleskása, főzeléknövények magvai, gabonakása, hogy a házi és vadon élő állatok, halak csontjait ne is említsük. Komplex archaeobotanikai és kémiai elemzés alapján feltételezzük, hogy a lelet egy „szamócás torta” maradványát rejti.

Vaskor

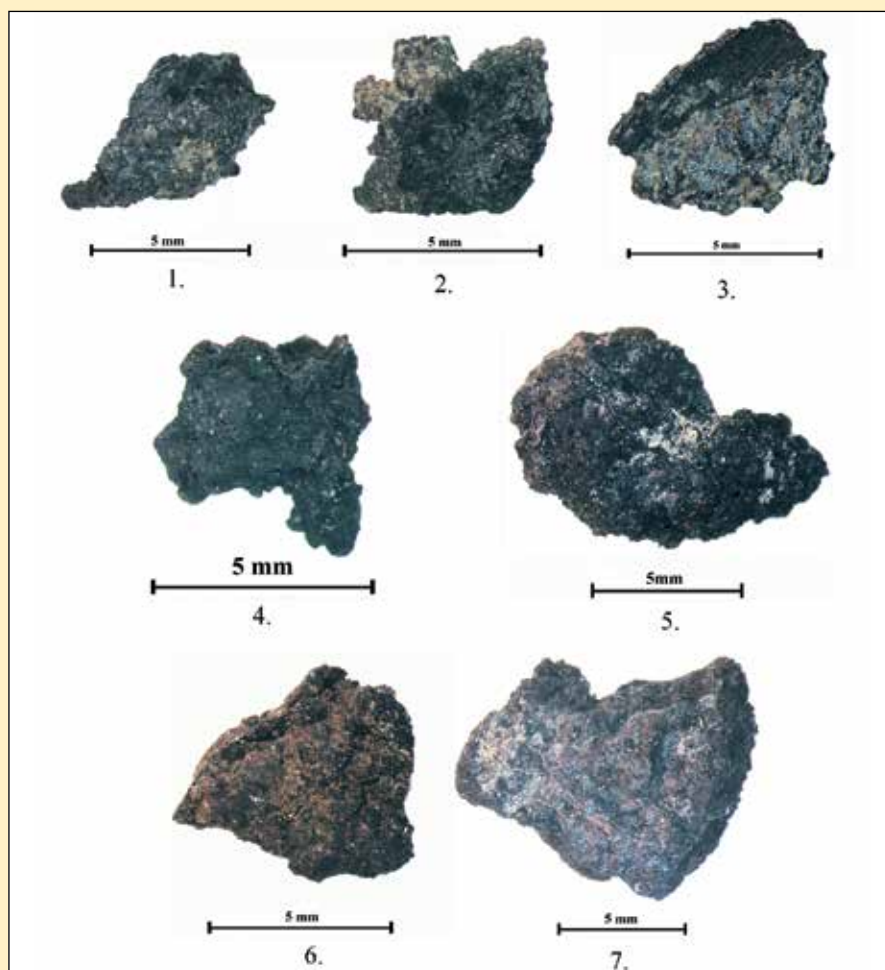
A vaskori ételmaradványok sorából a Fenékpusztán feltárt kelta kori gödör betöltéséből származó zsíros szürke réteg elemzése emelkedik ki. Zsírsavvizsgálatok eredményeképp bizonyossá vált, hogy hallé maradványáról van szó. Ezek sorából kiemelkednek a Rákoskeresztúr-Újmajor és Ebes szkíta kori telepén talált gabonakása-töredékek, a Miskolc-Hejő mellett feltárt szkíta kori kútban talált köleskása, valamint kelesztés nélkül készült, durvára őrölt gabona darakása, kelesztés nyomait viselő, zsírkiválástól fényes gabonakása és egytálétel maradványai.

Római kor és Barbarikum

Bár a római kori ételmaradványok egész sora ismert a Kárpát-medencéből, mégis a fenékpusztai késő római kori erődből származó ételmaradványok kiemelkednek közülük, hiszen a maradványok alak-tani vizsgálatai során a következő ételféleségeket lehetett megkülönböztetni: kelesztett kenyér, kelesztetlen lepénykenyér, finomlisztből készült „sütemény”, durva lisztből készült darakása, zsírral vagy hússal készült kása, egész kölesszemekből és olaszmuharból főzött kása, borsót tartalmazó kása. A Kiskundorozsma-Nagyszéken talált szarmata ételmaradványok sajátos, de a korra jellemzőek kásaféle volt, és állati vérrel (ló, marha) dúsított és sózott, gabonaőrleményhez kevert kölesszemekből állt.



52. ábra. Ételmaradvány kozmás foltja fazéktöredéken.
Budapest, Albertfalva, Harangedény-kultúra,
Csepel-csoport.



53. ábra. Keszthely-Fenekpuszta késő római erődjéből előkerült szenült tésztafélék.
1–2. Kelesztett kenyér; 3. lepénykenyér; 4. kölesszemek hozzáadásával készült darakása, 5. kása, 6–7. sütemény

Népvándorláskor

A népvándorláskori ételmaradványok közül említést érdemelnek az Eperjes-Csikóstábla lelőhelyen feltárt leégett gepida ház romjai között talált kásadarabok, a Dévényben talált teljesen ép (!) szenült kenyér, a Zalavár-Vársziget karoling kori központban talált kenyér/kásamaradványok és Panyola-Ásottfok szláv településének kásátöredéke. Avarokhoz köthető ételmaradványokról is van tudomásunk. Szegvár-Oromdülő kora avar temetőjének sírjaiban és az ott talált kerámiákban több ezer kásátöredéket, gabonadara-örleménybe sült kölesszemeket, Felgyő-Kettőshalmi-dülő (telep) és Dunaszentgyörgy-Tengelic (temető) késő avar kori lelőhelyeken közepesen finomra őrölt gabonából és durva örleményből készült gabonadara-kása és finomlisztből sült kenyé töredékeket mutattak ki az archaeobotanikai feldolgozás során.

Honfoglalás kora

A szkíta, szarmata és avar korból származó kásaalapú ételféleségek mellett előkelő helyet foglalnak el a honfoglaló őseink korából származó egytál-ételek. Főzési kultúrájuk rokon vonásokat mutat, amelyekben nem nehéz a kelet-európai sztyeppék hagyományait felismerni. Lébény-Billedomb 10. század eleji honfoglaló településén gabonakása-töredéket találtunk. Edelény-Borsodi földvár feltárása során az egyik 10. század eleji leégett boronaház kemencéjének közelében odakozmált ételmaradványokkal teli cserépfazekakra bukkantak. A mikro- és makroszkopikus és analitikai vizsgálatok arra a végkövetkeztetésre vezettek, hogy az egyik főzőedényben a mai gulyással rokonítható húsos kása maradványa volt, amelynek alapját kenyérbúza és rozs elegyes lisztje/darája (gyúrt tészta?) adta, melyet előbb zsirban (valószínűleg birka-faggyúban) megpirítottak, majd hozzá hagymát/fokhagymát és gyökérzöldséget (pasztinákat vagy karórépát) és húst adtak. További ételmaradványok:



54. ábra. Edelény-Borsodi földvár lelőhelyen feltárt honfoglalás kori kerámia in situ ételmaradvánnyal

finom gabonaőrleménybe sütött kölesszemek mezei borsóval és szárított (?) birkahús-őrleménnyel, finom gabonaőrleménybe sütött kölesszemek hántolt olasz muharral és mezei borsóval, valamint erdei gyümölcsökből (kókény, vackor, vadalma, vadróza, som) főzött liktárium/lekvár elemzésére is sor került erről a lelőhelyről.

Középkor

A leletekből következően a gabonakása fogyasztása végigkíséri a középkor további évszázadait is. Ilyen kásamaradványokat találtunk Gyomaendrőd kora Árpád-kori településén, Rákospalota-Újmajor lelőhelyen, az elpusztult Muhi falu feltárásán. A Hajdúböszörményben feltárt, muzulmán izmaeliták lakta kora Árpád-kori településen talált ételmaradványok ettől különböznek. Leginkább a mai afgán ételtípusokhoz hasonlíthatók.

A budavári Teleki-palota és a volt Honvéd Főparancsnokság épületének feltárása során talált 15. századi ciszternákból és kutakból kása/kenyér/sütemény szenült darabkáit (morzsákat) sikerült kiiszapolni.

A Baj-Öregkovács-hegy melletti erdőben feltárt késő középkori településen azonban nemcsak kásarögök, de az edénytöredéken sülés következtében odacementálódott magvak is előfordultak. A cseréptöredékek némelyikén sütésből, főzésből eredő feketés kozmás foltok voltak. A két edényfalra sült ételmintán elvégzett zsírsavvizsgálatok sertészsír jelenlétére utalnak, az aminosav-vizsgálatok pedig húséltet valószínűsítettek.

A Sárospatakon feltárt 17. század eleji ágyúöntő műhely kamrájából származó változatos ételmaradványok (húsos kásák, köleskása, sütemény, kelesztett kenyér) a reneszánsz kori Bornemissza Anna szakácskönyvéből ismert ételekhez hasonlíthatnak. Ezek és még nagyon sok itt talált edény kozmás felszíne meghatározása után remélhetőleg közelebb visz bennünket a középkori gasztronómiai kultúra megismeréséhez.

Italmaradványok

A fenti ételmaradványokkal ellentétben italmaradványok úgyszólván soha nem kerülnek elő. Ennek az az oka, hogy az őket felépítő anyagok – elsősorban víz, alkohol és egyéb szerves anyagok – igen érzékenyek a környezeti behatásokra és gyorsan lebomlanak. Különleges körülmények között azonban lehetőség van arra, hogy fennmaradjanak. Járulékos problémaként jelentkezik, hogy ezeknek a maradványoknak a felismerése rendkívül nehéz, és nagy gyakorlatot igényel. Az elsősorban vegyészeti vizsgálatokon alapuló italmaradvány-vizsgálatok természetesen elválaszthatatlanok az archaeobotanikai és az élelmiszer-maradványok mikro- és makroszkópos vizsgálataitól. Ugyanis az italmaradványok minden esetben növényi makromaradványokkal, esetleg ételmaradványokkal együtt fordulnak elő. Így ezekkel a komplex élelmiszer-vizsgálatokkal igen fontos, más módon nem nyerhető információkhoz juthatunk az egykori kultúrák életmódjára, táplálkozási szokásaira vonatkozóan.

Feltételezhetően már a legkorábbi időkben erdei vadgyümölcsökből és bogyókból lekvárt főztek, szörpöket készítettek, esetleg bort erjesztettek, csakúgy, mint mézből.

Bizonyosra vesszük, hogy a kora neolitikus Berettyóújfalú-Nagy-Bócs-dűlön talált ligeti szőlőmagvak és a Kompolton talált rézkori lelőhelyről származó som- és ligetiszőlő-magvak italkészítés melléktermékei. Amennyiben mézzel készített vagy abból erjesztett italt fogyasztottak, annak kimutatásában segítséget nyújthat a pollenanalízis.

Az italmaradvány szárazanyagának elemzése mikroszkópos és analitikai kémiai eljárásokkal történik. Edények alján a feltételezhetően sörmaradványok szárazanyagában elvileg fitolitokat, polleneket, keményítőszemcséket lehet kimutatni. A bormaradványok elemzése már összetettebb. A bor valamennyi illó alkotórésze, így az alkoholos erjedés termékei (alkoholok, aromaanyagok, glicerin) és egyéb alkotórészei (pl. almasav) eltávoztak már belőle, de a nem illó alkotórészek megmaradhatnak. Ezek a nem illó alkotórészek borkósavat és sóit, polifenol vegyületeket, illetve azok fémkomplexeit, továbbá a borra jellemző elemeket, fémionokat (kálium, nátrium, kalcium és magnézium) és fehérjéket rejthetnek.

Grüss edények belső falának maradványaiban foszfátnyomokat (ami tejből is származhatott) és mézet talált. Őskori sör- és bormaradványt találtak a Zagrosz-hegységben lévő Godin Tepe sumér lelőhelyen (Irán, Kr. e. 3500). Borkósav-vizsgálatokkal az észak-iráni Hajji Firuz Tepe neolitikus lelőhelyén (Kr. e. 5400–5000) talált edényben bormaradványt mutattak ki. Az Ibériai-félsziget Bell Beaker (Harangedény-) kultúrájához tartozó lelőhelyek díszes edényeinek belső felületén búzából és árpából méz hozzáadásával erjesztett sör maradványát mutatták ki mikro-archaeobotanikai vizsgálatokkal. A mindennapi fogyasztásra készített italt temetkezési rituálékban is használták.

Komplex italmaradvány-vizsgálatoknak köszönhetően feltehetőleg sörmaradvány lehetett a harangedény-kultúra Csepel-csoportja budakalászi temetőjében talált díszes harangedény belsejében. Bormaradványt mutattunk ki a pakisztáni Shiraz lelőhelyen egyik 5. századi edényéből, a kora vaskori Fehérvárcsurgó-Eresztvényi-erdő lelőhelyen feltárt fejedelmi sír egyik edénytöredékének felületén, az Aquincum területén (Kunigunda u.) egy 1–2. századi római égetéses sír kancsójából. Intercisa lelőhelyen lepecsételt üvegben talált maradványt vízzel kevert olajjal azonosították, s nem borral.

A Vác-Piac utcai ásatáson talált nagy mennyiségű szőlőmag és a közöttük megbúvó vadgyümölcs-maradványok közvetve utalnak a középkori Vác bor- vagy pálinkakészítési szokásaira (részletesen lásd a III. fejezetben).



55. ábra. Budapest-Kunigunda utca 39. lelőhely kora római égetéses sírban megtalált korsónyak in situ bormaradvánnyal

Az élelmiszer-maradványok mellett számítanunk kell színezékanyagok, egyéb növényi hatóanyagok (drogok) és méreganyagok jelenlétére is. Az edények belső falára sült (kozmált) főzési maradékok (levesek, főzelékek, készételek) mikroszkópos vizsgálatai leginkább a kriminalisztikai és az igazságügyi szakértői eljárásokhoz hasonlítanak. A maradványokból kimutatható vegyületszámok száma szerény, és függ az őket ért hőhatástól és a lelet korától. Keményítőt, cukrot, fehérjét már nem találunk bennük. Szabad aminosavak, koleszterin, zsír- és olajsavak viszont elvileg kimutathatók.

A keményítő polimer cukorként értelmezhető, mert hidrolízissel a keményítő cukorra alakul. Már 190 °C-on vizet vesz, barnul. Éppen ezért a hőhatásnak kitett élelmiszer-maradványokból keményítőt és cukrot nem lehet kimutatni. A fehérjék is könnyen denaturálódnak. 200-210 °C-on a peptidkötések felszakadnak, és a fehérjék barnásfeketévé válnak, nem lehet őket kimutatni. Kivételt csak a szabad aminosavak képeznek, melyek mind az idővel, mind a hővel szemben meglehetősen ellenállóak – pl. a régészeti korokból származó balatonmelléki, látszólag szenült gabonafélék szemterméseiben is találtunk szabad aminosavakat. Mivel az aminosavak egymáshoz képest különböző sebességgel bomlanak le, ezért koncentrációjukból nem állapíthatjuk meg eredeti arányukat. Jelenlétükből éppen ezért nem következtethetünk a fehérjétípusra, eredeti koncentrációjukra vagy egymáshoz viszonyított arányukra. A szteránvázas vegyületek viszont viszonylag stabilak a hőhatással szemben. A növényi és állati hormonok sem bomlanak le egykönnyen. A koleszterin pl. három órás 250 °C-os hőhatást is kibír. A koleszterin kimutathatósága igen fontos, hiszen segítségével az ételmaradványról eldönthető, hogy növényi vagy állati eredetű-e. A kimutathatóság szempontjából a legstabilabb vegyületek a zsírok. A zsírsavak 400 °C-ig őrzik meg szerkezetüket. A tübingeni Őstörténeti Intézet Archaeokémiai Laboratóriumában kifejlesztett zsírsavvizsgálatok szerint az ételmaradványokból kimutatható zsírsavak egyben utalnak az étel eredetére és típusára is. A hőhatásra kevésbé érzékeny zsírsavak gázkromatográfiás vizsgálata alkalmas eljárásnak bizonyul a növényi és állati eredetű szerves anyagok származásának tisztázására.

A gázkromatográfia és az atomabszorpciós spektrofotometria hozzásegít bennünket a mag- és termékek makro- és mikroelem összetételének megismeréséhez. Ebben szenült állapotuk sem akadály. A vizsgálatok azt mutatják, hogy az elemek egy része továbbra is jelen van a maradványokban. A mobil, könnyen kimosódó elemek hiánya még nem jelenti azt, hogy az étel készítésekor is hiányoztak volna, pl. a konyhasó hiánya a kimosódás rovására írható, és nem azt jelenti, hogy az étel elkészítéséhez nem használtak konyhasót.

A gázkromatográfia és az atomabszorpciós spektrofotometria mellett egyre gyakrabban kerül alkalmazásra az ún. Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia (FT-IR) módszere, amellyel a kerámia anyagába ivódott szerves molekulák elemzése végezhető el. A módszer alkalmazásával sikerült már csontvelő, hús, vér és tejtermékek egykori felhasználására utaló nyomokat felderíteni.

Fitolitelemzés (bővebben lásd még a II. fejezetben)

Az ételmaradványok esetében a mikroszkópos vizsgálatokra sok esetben csak a pelyvás gabonák (árpa, alakor, tönke, tönköly, köles) fitolitokban gazdag pelyvaveglészei maradnak fenn. Ezek a növényi szövetmaradványok mikroszkópos vizsgálat alá vonhatók. Természetesen a feltárást a minta állapota határozza meg. Ahhoz, hogy a növényi szövetmaradványokban lévő fitolitok fénymikroszkóp alatt láthatóvá váljanak, nagy fénytörési indexű, sajátos beágyazószer használata válik szükségessé. A speciális kémiai előkészítést igénylő mikroszkópos feldolgozások lehetővé teszik, hogy a maradványban lévő növényi és állati eredetű részek (szöveti maradványok, edénnyaláb-töredékek, fitolitok, pollen, spóra, szferulitok, szőr/haj, színezőanyagok/festékek, cocon stb.) akár több ezer év múltán is felismerhetővé váljanak. Ezek a vizsgálatok tehát segítséget nyújthatnak abban, hogy megállapítsuk, milyen növényfajokat használtak fel az adott étel elkészítéséhez, illetve belekerült-e fitolitosz tartalmazó cséplési hulladék (pelyva, toklász, levél) az ételbe, ami utalhat a gabonatisztítás, a lisztörlés és a konyhai előkészítés minőségére is.

A MEGHATÁROZOTT NÖVÉNYFAJOK, ÉTEL- ÉS ITALMARADVÁNYOK KIÉRTÉKELÉSE

A határozómunka során elkészített „fajlisták” és fajok kiértékelését elsősorban az egyes növényfajok kvantitatív, ökológiai és biológiai tulajdonságai, illetve mutatói alapján végezhetjük el. Alapvetően mennyiségi és minőségi kiértékelést különböztetünk meg, ugyanakkor ezek a kiértékelési módszerek szorosan illeszkednek és kiegészítik egymást.

MENNYISÉGI KIÉRTÉKELÉS

Iszapolás és szárítás után a kiiszapolt mintákban lévő mag- és termésmaradványokat morfológiai bélyegeik alapján – megtartásuktól függően – sztereomikroszkóp alatt különböző növénytani taxonokig (faj, nemzetség, család) határozzuk meg. Az így szétválasztott diaszpórákat természetesen meg is kell számolni. A meghatározásról alfabetikus fajlista készül a mintákban lévő magok/termések számának feltüntetésével. A számítógépes adatfeldolgozás során kiszámítható a relatív gyakoriság (növényfaj %-os értéke a mintában), a fajok %-os részesedése az összes fajhoz viszonyítva, a magkoncentráció (magok és termések feldúsulása egy rétegben vagy a minta térfogatára/tömegére számítva). Ezzel választ kapunk olyan kérdésekre, hogy pl. mely növényfajokat használták fel gyakorta és melyeket nem? Milyen volt a gyűjtögetés/földművelés vagy a gabonák/cséplési hulladékok/gyomok viszonya? Ez a kiértékelési módszer az, amely miatt meg szoktuk mérni a begyűjtött talajminta súlyát, majd szintén lemérjük a feltárást követően. A növényi maradványok számából és a talajminta súlyából különböző mutatószámok képezhetők, amelyek fontos információtartalommal bírnak.

MINŐSÉGI KIÉRTÉKELÉS

Az archaeobotanikai publikációkban a fajlisták mellett nemcsak mennyiségi adatokat találunk, hanem méreteket is. Ezek a paraméterek utalnak a növények spontán vagy termesztett voltára, régészeti előfordulására, olykor származására is. Újabban jelentősen fokozódtak a környezet rekonstrukciójára irányuló kísérletek. A növénytani leletanyag kiértékeléséhez a növényiszociológia mellett nagy segítséget jelentenek a néprajzi ismeretek és a kísérleti régészet eredményei is. Természetesen ismerni kell az adott kor régészeti leleteit, archaeobotanikai párhuzamait és amennyiben léteznek, a növényekre vonatkozó epigráfiai (oklevelek, egyéb írott források), valamint ikonográfiai adatokat is.

A feldolgozó munkát segíti, ha a lelőhelyen talált növényfajokat csoportosítjuk. Természetesen nagyon szerény a kimutatottsága minden olyan növénynek, amelynek nem a magját vagy a termését fogyasztják, így a főzeléknövények egy részének és a legelőt alkotó fajoknak.

Az archaeobotanikai meghatározásokat követően az egyik legfontosabb kérdés az, hogy mennyire lehet az adott település egykori környezetét rekonstruálni? Az erre a kérdésre választ kereső minőségi kiértékelés alapja éppen a növényfajok (vagy más rendszertani egységek) elterjedésének és a növénytársulásoknak az ismerete. A recens növénytakaró vizsgálatánál a növények együttéléséből létrejövő növénytársulásokból indulunk ki. Az archaeobotanikában jobb híján a fajok mai együttélési viszonyaiból következtetünk az elmúlt idők növénytársulásaira. A recens növénytársulások élőhely szerint jól elkülönülnek. Egy élőhely ökológiai jellemzésére így legjobban a társulás mint növényiszociológiai alapegység szolgál. Azonban a mai társulások létrejötte hosszú fejlődés eredménye, és mivel egy archaeobotanikai leletanyagról sohasem tudjuk eldönteni, hogy minden egykor létezett faj maradványát tartalmazza-e, illetve az egykori természetes viszonyoknak megfelelő arányban képviseltetik-e magukat az egyes taxonok az anyagban, nem alkalmazhatjuk ezeket az ismereteket automatikusan a régmúlt időkre. Munkánkat megnehezíti, hogy a régészeti objektumokban a különböző növénytársulások maradványai az egykori emberi tevékenység hatására keverten fordulnak elő.

Környezetrekonstrukcióra csak elegendő, egy elfogadható „ökölszabály” szerint legalább 40 db, az egykori természetes környezetből származó faj esetében szabad vállalkozni. Minél gazdagabb fajban egy ásatás növényanyaga, a kiértékelés annál pontosabb eredményre vezet.

Krasilov az ásatásokból előkerült növénytani anyagot *taphocoenosys*nak nevezte el. Az elnevezés azonban nem tudta áthidalni azt a problémát, hogy a leletanyagban nincs jelen az egykori vegetáció valamennyi tagja, akár társuláskarakter fajok is hiányozhatnak. A talajba került diaszpórák számos, már korábban vázolt tényező miatt egymáshoz képest különben sem maradnak fenn egyformán.

Az egykori környezetből bekerült növényleletek összességét Willerding nyomán *tanatocönózis*nak nevezzük. Ez számos kombinációra ad lehetőséget, hiszen több objektumból (hulladékkréteg, hulladékgyökör, latrina stb.) származó maradványt foglal magában.

Sokkal több információt nyerünk, ha sikerül olyan objektumra bukkanni, ahol az egykori növénytársulás fajainak maradványai egy helyütt és egyszerre fordulnak elő, pl. gabonatermés-maradványok a hozzájuk tartozó gyomflórával. Ezt Merklin nyomán *paleo-biocönózis*nak nevezzük. Megkülönböztetünk *autochthon paleo-biocönózist*, amikor a növénytársulást a helyben élt fajok adták, illetve *allochthon paleo-biocönózist*, amikor a növénytársulás fajtái a lelőhelyen kívüli területről származnak.

A növénytani vizsgálatok során a gabonafélék szemtermései mellett a hozzájuk tartozó gyomflóra maradványai is megtalálhatók, szórványként pedig az egykori környezet elemei (v.ö. paleo-biocönózis) is. Ezért az ember által létrehozott paleo-biocönózis vizsgálatok lehetőséget jelentenek az egykori kultúrák életmódjának és növénytermesztési ismereteinek megismerésére. Az ún. *site catchment analysis* során a növénymaradványok alapján rekonstruáljuk az egykori populáció életterét: a telepet körülvevő szántóföldeket, azok távolságát, a járulékos mezőgazdasági tevékenységek helyeit (pl. legelő), de a távolabbi területeket is, ahol gyűjtögettek, vadásztak.

Az ásatások során előkerült és meghatározott növényi leletek ökológiai viszonyainak elemzését tehát *tanatocönológiának* nevezzük. E munkafolyamat segítségével következtethetünk az egykori termőhelyre és vegetációs viszonyokra. Az ógörög szóösszetétel (*tanatosz* = halál, *cönózis* = társulás, *logosz* = tudomány) utalás a növénytársulás archaikus voltára. Segéd tudománya az archaeológiának; határterület, de botanikai szakterület, alkalmazott diszciplína is. Ennek alapja a növények termőhelyi igénye, hiszen a növénytársulások faji összetétele térben és időben változik. A tanatocönológia természeténél fogva a recens szünökológiánál is nagyobb mértékben és szigorúbban alkalmazza alapelveként a növények ökológiai jelzőértékét.

A társulások megjelenési formáit, struktúráit, dinamikus változásait az ökológiai tényezők alakítják, s a fajok, illetve populációik általában nem egyforma gyakorisággal fordulnak elő egy ökológiai tényező skáláján. Az ökológiai tényezők lappangva maradnak, a megjelenési formák észlelhetők (sőt egyes nézetek szerint a növény „jobb” indikátor az ökológiai viszonyok műszeres meghatározásánál). Egy (jelző) növény megjelenése közvetlenül a jelzett tényezőhöz vagy a kérdéses tényezőhöz járuló összetett hatáshoz (több tényezőre adott hasonló válasz) kapcsolódik, amelynek alapján a fajok ökológiai fajcsoportokként értelmezhetők. Így alakult ki az indikátorelmélet, az indikációt ökológiai módszernek tekintő tudományos irányzat, holott az maga nem vizsgálati módszer, hanem módszerelmélet.

A fajok jellemzését az életforma (biológiai spektrum), az elterjedés és az ökológiai jelzőértékekkel (L, T, K, F, R, N indikáció) tesszük teljesebbé. A biológiai spektrum elemzésénél Raunkiaer életforma rendszerét alkalmazzuk. Ennek fő kritériuma az áttelelő szervek (magvak, hajtások, rügyek) talajfelszínhez viszonyított helyzete:

- MM, M, N = *phanaerophyta* = fák és cserjék
- Ch = *chamaephyton* = félcserjék
- H = *hemikryptophyton* = talajközelen, avarral fedetten „félre rejtve” áttelelők
- G, HH = *kryptophyton (geophyton + hydato-helophyton)* = talajban, illetve iszapban „rejtve” áttelelők
- TH = *hemitherophyton* = kétévesek
- Th = *therophyton* = egyévesek

Egy adott terület flórájának tagjait jelenlegi elterjedési területük (*area*), vándorlásuk útja, ideje, őshazája alapján flóraelem (*area*) típusokba soroljuk.

Hazánkban a következő areatípusok fordulnak elő:

- ADV: adventív elemek
- AsM: szubatlanti-szubmediterrán elemek
- CEU: közép-európai elemek
- CIR: cirkumpoláris elemek
- CON: kontinentális elemek
- EUA: eurázsiai elemek
- EUR: európai elemek
- KOZ: kozmopolita elemek
- PoM: pontus-szubmediterrán elemek
- PON: pontusi elemek
- SME: szubmediterrán elemek
- SMO: keleti szubmediterrán elemek

A növényfajok ökológiai besorolása – az indikációs elmélet alapján – sokakat foglalkoztatott. A nézetek, az alkalmazott kutatási módszerek eltérőek, és az ökológiai besorolások tartalma sem azonos. A kiértékelő munka során Ellenberg ökológiai csoportosítását (fajok, környezeti igények szerinti csoportosítása) használjuk: a T-érték a faj földrajzi (klímazonális) elterjedését, a W a termőhely vízellátottságát, az R a talajreakciót, azaz kémhatását, az N a talaj nitrogén tartalmát jelenti. Ismeretesek továbbá a fényigény (L), a talaj fizikai szerkezete (S), a fajok só- és bolygatás- (Bt), valamint taposástűrése (Tt) szerinti skálafokozatok is.

A recens botanikában és az archaeobotanikában is az egyik leggyakrabban alkalmazott relatív ökológiai értékszámok Borhidi Attila nevéhez köthetők.

A Borhidi-féle relatív ökológiai mutatók (TWRN)

A TB-érték a relatív hőigény indikátorszám a vegetációs övek hőklímájával értelmezve az alábbiak szerint:

1. a szubnivalis vagy szupraboreális övnek megfelelően
2. az alpesi, boreális vagy tundra övnek megfelelően
3. a szubalpin vagy szubboreális övnek megfelelően
4. a montán túlelevelű erdők, illetve a tajga övének megfelelően
5. a montán lomblevelű mezofil erdők övének megfelelően
6. a szubmontán lomblevelű erdők övének megfelelően
7. a termofil erdők és erdős sztyeppék övének megfelelően
8. a szubmediterrán sibliak és sztyepp övének megfelelően
9. az eumediterrán örökzöld övezet növényei

A WB-érték a relatív talajvíz, illetve talajnedvesség indikátorszám Ellenberg 12 fokú skálája szerint. Ez a skála teljesen hasonló a Zólyomi-féle W-értékhez, de a vízi növényeket jobban differenciálja:

1. erősen szárazságtűrő növények gyakorta teljesen kiszáradó vagy huzamosan szélsőségesen száraz termőhelyeken
2. szárazságjelző növények hosszú száraz periódusú termőhelyeken
3. szárazságtűrő növények alkalmilag üde termőhelyeken is előfordulnak
4. félszáraz termőhelyek növényei
5. félüde termőhelyek növényei
6. üde termőhelyek növényei
7. nedvességjelző növények, a jól átszellőzött, nem vizenyős talajok növényei
8. nedvességjelző, de rövid elárasztást is eltűrő növények
9. nedvességjelző növények, átítatott (levegőszegény) talajokon
10. változó vízállású, rövidebb ideig kiszáradó termőhelyek vízi növényei
11. vízben úszó, gyökerező vagy lebegő vízi szervezetek
12. alámerült vízi növények

Az RB-érték a talajreakciót mutatja, relatív mértékszámait az alábbiak szerint alakulnak:

1. erősen savanyúságjelző, kifejezetten kalcifób növények
2. átmeneti csoport a 3-as kategória felé
3. savanyúságjelzők, ritkán semleges talajokon is előfordulnak
4. mérsékelten savanyúságjelző növények
5. gyengén savanyú talajok növényei
6. neutrális talajok növényei, illetve széles tűrésű, indifferens fajok
7. gyengén baziklin fajok, sosem fordulnak elő erősen savanyú termőhelyen
8. mészkedvelő, illetve bazifil fajok
9. mész-, illetve bázisjelző fajok, csak mészből gazdag talajokon fordulnak elő

Az NB-érték a nitrogénigényt fejezi ki, relatív értékszámait az alábbiak:

1. steril, szélsőségesen tápanyagszegény helyek növényei
2. erősen tápanyagszegény termőhelyek növényei
3. mérsékelten oligotróf termőhelyek növényei
4. szubmezotróf termőhelyek növényei
5. mezotróf termőhelyek növényei
6. mérsékelten tápanyaggazdag termőhelyek növényei
7. tápanyagban gazdag termőhelyek növényei
8. trágyázott talajok N-jelző növényei
9. túl trágyázott hipertróf termőhelyek növényei

Az ökológiai elemzés során tehát az egyes növényfajokat egyenként értékeljük saját egyedi tulajdonságaik alapján. A hasonló tulajdonságú fajok hasonló termőhelyeken élnek, így a megtalált fajok segítségével kirajzolhatunk különböző tulajdonságú élőhelyeket, termőhelyeket is!

A minőségi értékelés során további paraméterek is figyelembe kell venni. Az ún. ökokocsoport-kategóriákat szintén az Ellenberg-féle mutatókra alapozva készítették el külföldi archaeobotanikusok.

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1.1. = szubmerz vízínövények | 7.1. = erdőirtás |
| 1.2. = lebegő hínár | 7.2. = átlagos erdőszéli társulás |
| 1.3. = diverz vízínövények | 7.3. = száraz erdőszéli társulás |
| 2.1. = nádas | 8.1. = nedves rét/legelő |
| 2.2. = magassásos | 8.2. = átlagos rét/legelő |
| 2.3. = vízparti pionírok | 8.3. = száraz rét/legelő és sziklagyep |
| 3. = diverz vízparti növények | 9.1. = kultúrnövény |
| 3.1. = láprét | 9.2. = tavaszi vetésű gabona vagy kapás gyom |
| 3.2. = nedves évelők | 9.3. = őszi vetésű gabonagyom |
| 4.1. = nedves törmelékerdő | 10.1. = nedves ruderalia |
| 4.2. = ligeterdő | 10.2. = átlagos ruderalia |
| 5. = friss és világos keverékerdő | 10.3. = száraz ruderalia |
| 6. = árnyékos erdő | Diverz = nem besorolható |

Árendásnak (1982) a növények hasznosíthatóságára kidolgozott antropogén kategóriáit is alkalmazzuk a kiértékelés során. A módszer lényege, hogy a növényleleteket mesterséges származási kategóriákba sorolja. Egy növény több helyen is szerepelhet. Ezek a mesterséges kategóriák jól tükrözik a növényvilág és az ember kapcsolatát. A feldolgozó munka során az alábbi kategóriákat vizsgáljuk meg:

- Kultúrnövények: az ember által szándékosan termesztett növények a domesztikáció látható jeleivel (pl. a gabonaféléknél szilárd kalászorsó, egyszerre érés, nagymagvúság), a gabonák mellett fontosak a hüvelyesek, termesztett fűszer- és rosnövények, gyümölcsök és szőlő, gabonafélék: az ide tartozó fajokat gabonaként, gabonapótlóként, konyhakerti növényként termesztették, szemterméseiket, magjaikat élelmezésre használták fel.
- Termesztett növények: valamilyen célból felhasznált és termesztett növények a domesztikáció látható jelei nélkül.

- Spontán növények: a véletlenszerűen előforduló, egyéb módon meg nem magyarázható jelenlétű, a telep egykori természeti környezetéből bekerült csekély egyedszámú növényi leletek. Ezek a makromaradványok rendszerint a gabonalelet-együttesből vagy annak közvetlen közeléből származnak. Véletlenszerű előfordulásuk mellett gyakorlati jelentőségükre (pl. medicina, élvezeti cikk, használati eszköz stb.) is tekintettel vagyunk. Rendkívül nagy jelentőségűek, mert számos információt hordoznak az egykori természetes növénytakaróra és a klímára vonatkozóan.
- Gyűjtögetett növények (vadon élő, de gyűjtögetett növények): ehető növények, gyógy- és fűszernövények, festő- és cserzőnövények, szimbolikus/kultikus jelentőségű és más „vad haszonnövények” (építőanyagként felhasználható növények, pl. nád, gyékény, sás, nyírfakéreg stb.).
- Gyomnövények: genetikailag hozzáidomultak a kultúrnövényekhez, magjuk/termésük mérete hasonló a kultúrnövényekéhez, és azokkal egyszerre érnek be. A mai ismereteink szerint szántóföldi, parlagi, kerti és taposásos (ruderalis) fajok. A gyomnövények ökológiai felosztás szerint háromfélék lehetnek:
 - *Secalietea* = őszi vetésű gabonagyomok osztálya
 - *Chenopodietea* = kapás és ruderalis társulások osztálya
 - *Polygeno-Chenopodietalia* = tavaszi vetésű gabonagyomok rendje
 A gabonagyomok jelenlétéből következtetni lehet a gabonák vetés- és termesztésmódjára, az aratásra (magasan vagy alacsonyan, sarlóval vagy kaszával), a szántóföldek egykori termőhelyi adottságaira.

Az Á-NÉR ismertetése és felhasználásának lehetősége az archaeobotanikai kutatásokban

A környezetrekonstrukció során ez idáig az Á-NÉR kategóriáit nem alkalmazták, így e módszer bevonása az archaeobotanikai elemzésekben újnak számít. Az Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszert a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Programhoz (NBmR) készítették. A legelterjedtebben használt, könnyen alkalmazható hazai élőhelytérképező rendszer. Több mint 110 élőhely-kategóriát sorakoztat fel, amelyek teljes egészében lefedik a Magyarországon előforduló élőhelytípusokat, az olyanokat is, mint a féltérmetes, degradált és mesterséges élőhelyek. A terepi munkánál az élőhely felismerését a termőhely fiziognómiája, fajösszetétele, jellegzetes fajok megléte stb. segíti. A rendszer több tökéletesítéssel és bővítéssel esett át, a legfrissebbet 2011-ben adták ki. A fenti rendszer a következőképpen adaptálható az archaeobotanikai kutatásokban:

- Az Á-NÉR élőhelytípusainak leírásában szereplő „jellemző fajok” pontjaiban megkeressük a régészeti növénytan anyagában szereplő fajokat.
- Amely fajok szerepeltek a könyvben, azokhoz feltüntetjük a lehetséges élőhelyek kódjait.
- Az adott történelmi korszakra feltételezhetően nem jellemző élőhelytípusokat (pl. akácosok, nemesnyarasok, feketefenyvesek stb.) kiszűrjük.

A GHC ismertetése és felhasználásának lehetősége az archaeobotanikai kutatásokban

Az Á-NÉR-hez hasonlóan ezt a rendszert sem alkalmazták eddig hazai archaeobotanikai környezetrekonstrukciók során. A biológiai sokféleség egy monitorozási lehetőségeként kell tekintenünk erre a rendszerre, amely Törökország kivételével egész Európára alkalmas. Az osztályozás alegysége az élőhely, azonban az Á-NÉR-től eltérően ott, ahol található növényzet, a fajok Raunkiaer-féle életformáit (pl. geofiton, hemikriptofiton stb.) veszi alapul, ám azokon a területeken, ahol a vegetáció hiányzik, a területhasználatot és a fizikai jellemzőket is figyelembe veszi. E rendszer tehát terepen gyorsan, rugalmasan és könnyen használható. Az Á-NÉR-hez hasonlóan több mint száz (129) eltérő élőhelytípus különböztethető meg a segítségével.

Mivel az élőhely-térképező módszerek alapját az jelenti, hogy a terepen hol határolhatók le egymástól a különböző élőhelyek, archaeobotanikai leletanyagban ez nem alkalmazható, csak akkor, ha a módszerrel ellenkező irányból közelítjük meg a kiértékelést. A GHC esetében az élőhelytípusok meghatározásánál a terület felszínborításának százalékos aránya is szerepet játszik, ami végképp ellehetetleníti a módszer ilyen irányú felhasználhatóságát. Ugyanakkor Nagy Anita doktori értekezésében összekapcsolja a fent említett Á-NÉR alcsoportokat a GHC alcsoportjaival, ami viszont megteremti a lehetőséget annak, hogy a hazai Á-NÉR alapján egy európai szinten is értelmezhető élőhelytípusokat felvonultató környezetrekonstrukciót készítsünk.

A GHC módszer alkalmazásának lényege a következő: A fentiek szerint a növénymaradványok Á-NÉR kategóriákat is kijelölnek, amelyekhez már Nagy munkája alapján hozzá tudjuk rendelni a GHC kategóriákat. Egy-egy Á-NÉR alcsoporthoz több GHC alcsoport is tartozhat, így szintén alkalmaznunk kell az ökcsoportnál az Á-NÉR kiértékelésnél kialakított súlyozási metódust, hogy az egykori egyes élőhelytípusok valószínűségét meg tudjuk határozni.

Az ökcsoport súlyozásának és kiértékelésének módszere

Mivel néhány növényfaj több ökcsoportértékkel rendelkezik (extrém esetekben akár négy ilyen kategória is társítható egy fajhoz, vagy az archaeobotanikai listában szereplő taxonhoz), ezért ez azt jelenti, hogy az adott faj széles elterjedésű, tehát több élőhelyen is előfordulhat. A statisztikai kiértékeléshez (a megtalált fajok alapján milyen élőhelyeket valószínűsíthetünk) súlyoznunk kell a fenti ökológiai mutatóértékeket (ökcsoport, Á-NÉR, GHC) a következő módon:

Amennyiben egy taxon csak egy kategóriával rendelkezik, akkor az 1 pontot kap, hiszen egy élőhelytípust jelöl, ha azonban egy fajhoz több kategória is rendelhető, az 1 pont annyifelé oszlik, ahány vegetációtípust jelöl a faj (természetesen az élőhely előfordulásának valószínűsége ilyen esetekben kisebb, ezért lesznek kisebbek a számok is).

Példák fajok segítségével:

Konkoly (*Agrostemma githago* L.), ökcsoport: 9.3., pontszám alakulása: 1 pont az őszi gabonagyomok kategóriájának.

Fehér libatop (*Chenopodium album* L.), ökcsoport: 9.2./9.3./10.2., pontszám alakulása: 0,33 pont a tavaszi vetésű gabona/kapás gyomoknak, 0,33 pont az őszi gabonagyomoknak és 0,33 pont az átlagos termőhelyű ruderalis növényzetnek. A „fajlista” végén az összesített pontszámnak meg kell egyeznie az értékelésbe bevont fajok számával.

Összegzés: az ökológiai kiértékelés sematikus folyamata

Növényfaj ökológiai értékeinek figyelembevétele → a növényfaj biológiai értékeinek figyelembevétele → a növényfajok csoportosítása → a kialakult kép elhelyezése az eddigi archaeobotanikai adatok alapján kialakult régészeti kontextusban (pl. a kapott adatok mennyire támasztják alá vagy cáfolják eddigi tudásunkat az adott történeti korszakot illetően).

A szántóföldi gyomok egy része (pl. konkoly, rozsnok) a neolitikus növénytermesztőkkel érkezett délkeletről. Később a Közép- és Kelet-Európában őshonos fajokkal kiegészülve lassan nyugat felé vándoroltak. Rademacher nyomán Willerding a gyomnövénytársulások fejlődésének öt fázisát különbözteti meg:

- Az I. fázis a közép-európai gabonatermesztés kezdetének időszakát öleli fel. A vetőmaggal behurcolt gyomnövények mellett még bizonyos ideig az egykori flóraelemek is jelen voltak. A szántóföldön termesztett kultúrfajok konkurenciát jelentettek a természetes vegetációelemek számára. Számos őshonos faj válhatott ilyen módon gyomnövényé, pl. a neolitikum idején elterjedt tölgy-keverékerdő egyik faja, az erdei lórom (*Rumex sanguineus*) addigi előfordulásának helyén maradt és vált *Secalietea* fajjává. A többi növényfaj kevésbé volt képes igazodni a megváltozott kultúrkörnyezethez, így eltűnt onnan. A középső és késő neolitikum során az idegen eredetű gyomfajok egész sora vándorolt be Európa középső vidékeire.
- A II. fázisban a gyomnövényflóra a terjedő, de még igen alacsony színvonalon álló talajművelés miatt nagyon gazdag volt. A tavaszi vetésű gabona- vagy kapásgyom-társulás és az őszi vetésű vagy gabonagyom-társulások még lényegesen nem különültek el egymástól. Csak a szántás elterjedésével váltak szét a gabona- és a kapás kultúrák gyomnövénytársulásai. Az intenzív szántóföldi művelés azonban jobbra eltüntette e nyomokat. Kornas pl. a Lengyel-Kárpátokban egykori gyomnövénytársulás továbbélő maradványira bukkant.
- A gyomtársulások fejlődésének III. fázisában a kiteljesedő mezőgazdasági művelés és az ezzel együtt járó trágyázás és egyéb talajerőfenntartási eljárások, a vízszabályozások hatására megjelennek az „intenzív gyomok”. Uralkodóvá váltak ezek a nitrofil, kúszó, árnyéktűrő fajok, és csak nagy fáradtsággal voltak leküzdhetők.

- A IV. fázisban az arató-cséplőgép, azaz a kombájn általánossá válása újabb nagy változásokat eredményezett a szántóföldi gyomnövénytársulások faji összetételében. A gépesítés, az aratás idejének előbbre hozatala és gyorsasága stb. következtében a gyomfajok száma visszaszorult, ugyanakkor a megmaradtak rendkívül jól alkalmazkodtak a gabonák életciklusához.
- Az utolsó, V. fázisban a legyőzhetetlennek ítélt gyomok ellen bevetették a herbicideket. A kezdeti sikerek után egyes gyomfajok kezdtek rezisztenssé válni, és elterjedésüknek egyre nehezebb gátat vetni.

Az antropogén növénytársulások különböző megtartású, régészeti korú fajai elsősorban a jól átszellőzött talajsíntben, részben égett állapotban vagy vízi hordalékban, üledékben (folyó- és tópart, forrás, kút, vár-árok) rejtőznek. A talajminták régészetileg pontosan datálhatók, az allochton fajok bevándorlásának ideje is megmondható. Egykori növénytársulás fajösszetétele csak kivételes esetben tanulmányozható közvetlenül (pl. veremben lévő cséplési hulladék). Sokszor különböző származású növényi anyagokat tartalmaznak a minták. Ilyen esetben a növényi leletegyütteseket jelenlegi társulástani viselkedésük szerint lehet csoportosítani, ezért csak korlátozott következtetési lehetőségek adódnak egy-egy társulás korábbi összetételére.

A tájra (növénytakaróra) gyakorolt emberi (antropogén) hatásokat szinantropizációnak nevezzük. Szinantrop (*synanthrop* vagy *synantropic*) lehet taxon, társulás, táj, egyáltalán az, amire az ember hatása kiterjed. A szinantropizáció alapja, hogy az emberi kultúrához kapcsolódó növényfajokat elterjedésük szerint földrajzi-történeti csoportokra oszthatjuk: apofitonok, archaeofitonok, neofitonok. A növényfajoknak e három földrajzi-történeti (humán) osztályba sorolása ugyan az ökológiai jellemzők és a társulási viszonyok alapján történik, de figyelembe veszik a növényfajok terjedését, az emberi társadalom fejlődését és a társadalmi igények hatásait a növényvilágra. Az apofitonok osztályába a honos, kultúrákötő fajok tartoznak. Ezek közös jellemzője, hogy ha különböző mértékben is, de elviselik az emberi behatásokat, olykor kedveznek is nekik.

Az archaeofitonok közé az óvilági, az őskorban, ókorban, középkorban bekerült/behurcolt és a természetből kiszorult növényfajokat soroljuk. A neofitonok (syn. kenofiton) közé az újvilági, Amerikából behurcolt (adventív) vagy természetbe került, vagy az onnan kiszökött (neohemerofiton = escaped) fajokat soroljuk. Az archaeofitonok és a neofitonok idegen származású (anotropofiton) fajok. Egy terület szinantrop flórája – attól függően, hogy földrajzilag hol helyezkedik el és melyik korszakban vizsgáljuk – eltérő lehet: nőhet a fajok száma, azaz diverzitása (heterogenitás), a hemerofil fajok borítása növekszik, vagy csökken a diverzitás mértéke és a hemerob fajok fokozatosan kipusztulnak, vagy a földrészek közötti flóraáramlás fokozódik, vagy az eredeti flóratársulások elveszítik karakterfajaikat.

A Kárpát-medence szinantropizációja a neolitikum óta folyamatosan tart. A neolitikum kezdetén a tájban idegen, új fajok jelentek meg. Mindez összefüggésben állt a növénytermesztéssel. A gabonatermesztés kezdetén az alakor, a tönke és az árpa voltak a jellemző gabonák, majd a bronzkortól ezek kiegészültek a rövidebb tenyészidejű kölessel. A termesztett növényekkel együtt elsősorban Kis-Ázsia és a Mediterráneum felől, kisebb mértékben Ázsia irányából számos olyan faj is érkezett, amelyek eredeti hazájukban a kultúrnövények őseivel társulásban élnek, azok vad rokonfajai, a termesztésben azonban csak mint „gyom” szerepelnek. A régészeti magleletek bizonyossága szerint tömeges a fehér libatop (*Chenopodium album*), gyakori a pokolvar libatop (*Ch. hybridum*), a terebélyes laboda (*Atriplex patula*), a bársonyos árvacsalán (*Lamium amplexicaule*), a tyúkhúr (*Stellaria media*) előfordulása. A pollenvizsgálatok is megerősítik a pázsitfűfélék (*Poaceae*) szubboreális (bronzkor) és a szubatlantikus (vaskor-történelmi korok) fázisokban végbement expanzióját.

Terpó felveti, hogy a gyomosító növények eredete, szerepe, a kultúrnövényhez (gazdanövényhez) és az emberi településekhez való ragaszkodásuk csak bizonyos mértékig egyezhet meg a jelenkori ismereteinkkel. A Kárpát-medencében előforduló szinantrop fajokat a tájban betöltött dominanciájuk szempontjából Terpó négy csoportra bontotta. Ezek közül kb. Kr. u. 1500-ig az archaeofiton és az apofiton fajok társulásai voltak uralkodók a tájban.

- Archaeofiton fajok: *Agrostemma githago*, *Centaurea cyanus*, *Echinochloa crus-galli*, *Papaver rhoeas*, *Setaria pumila*, *Sinapis arvensis*, *Stachys annua*
- Apofiton fajok: *Artemisia vulgaris*, *Agropyron repens*, *Centaurea cyanus*, *Consolida regalis*, *Digitaria sanguinea*, *Portulaca oleracea*, *Raphanus raphanistrum*

K. Berzsényi Brigitta az archaeobotanikai leletek alapján a csoportot tovább finomította. Kimutatta, hogy az apofitonok közül a fehér libatop (*Chenopodium album*) előfordulása a neolitikum óta folyamatos és tömeges. A rézkori megjelenésű apró szulák (*Convolvulus arvensis*) a bronzkor kivételével folyamatosnak tekinthető. A madárkeserűfű (*Polygonum aviculare*) a bronzkorban tűnik fel, és azóta folyamatosnak tekinthető. Az archaeofitonok közül a konkoly (*Agrostemma githago*) és a szulákkeserűfű (*Fallopia convolvulus*) a legkorábbiak. A rézkor kivételével valamennyi korban előfordulnak, olykor tömegesek. Bronzkori fel-lépésű a tarló tisztesfű vagy tarlóvirág (*Stachys annua*) és a pásztortáska (*Capsella bursa-pastoris*), bár sokkal szerényebb mértékben fordulnak csak elő, hasonlóan a későbbi korokhoz.

1. 1800-ig: az archaeofiton, apofiton és neofiton (pl. akác – *Robinia pseudoacacia*) fajok egyenlő arányban voltak gyakoriak.
2. 1800–1945: felgyorsult a neofiton fajok behurcolása és terjedése (pl. *Ambrosia elatior*, *Iva xanthiifolia*, *Sorghum halapense*).
3. 1945-től számos neofiton inváziós fajként viselkedik: *Ambrosia artemisifolia*, *Amaranthus retroflexus*, *Conyza canadensis*, *Helianthus decapetalus*, *Galinsoga parviflora*, *Sorghum halapense*, *Asclepias syriaca*, *Ailanthus altissima*, *Aster* fajok. Kozmopolita kultúrszőkevények: *Reynoutria japonica*, *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *S. inaequidens*, *Heracleum sosnowskyi*, *H. mantegazzianum*, élő *Helianthus* dísznövény fajok, *Amaranthus deflexus*, *Eleusine indica*. Az ún. hiper-antropogén tényezők miatt terjedőben vannak a xenospontán társulások, amelyekben domináns szerephez (karakter fajok) jutnak az idegen növények: pl. urbán erdők–spontán akácok, *Acer negundo* állományok. A gazdasági és társadalmi hasonlóságok miatt a szinantropizációban is érvényesül a globalizáció tendenciája. Korlátot csak a mérsékelt égöv klimatikus viszonyai szabnak. A folyamat korántsem zárult le, újabb és újabb növények érkeznek hozzánk, közöttük számos perspektivikus élelemnövényt (pl. amaránt fajok).

Az emberi kultúrát kísérő növényfajokat makro élőhely szempontjából ruderálisra és szegetálisra különítjük el. Egynéhány szegetális gyomfaj ugyanolyan mennyiségben található meg ruderális területen is, különösen akkor, ha nincs konkurensük pl. tarackbúza (*Agropyron repens*), fehér libatop (*Chenopodium album*). Az apofiton (honos) fajok visszaszorulásának a fő oka az emberi tevékenység.

A hazai gyomtársulások történetével kapcsolatban röviden a következőket mondhatjuk el: az első szegetális társulások a neolitikumban és a bronzkorban viszonylag fajszegények voltak. A vaskor kezdetén számos új szegetális faj jelentkezett: általában alacsony szárú gyomok, a betakarítási módnak megfelelően (vas sarló, talajszinthez közeli aratás). A szegetális vegetáció differenciálódása a római korban kezdődött meg. A gyomtársulások a középkor során érték el mai – de a nagyüzemi agrotechnika és az erőteljes ruderalizálódás előtti – fajösszetételüket.

A ruderális növénytársulások összetételének rekonstrukciója, szekuláris fejlődésének vizsgálata még nehezebb. Jól reprezentált a ruderális vegetáció az őskori és a középkori időkből. Néhány neolitikus/bronzkori legelő- és rét maradvány is ismertté vált. A mai közönséges réttársulások sokkal későbbiek, a középkor végén alakultak ki. Viszonylag magas az őskori vízközeli és ligeterdei fajok száma. Irtásgazdálkodással összefüggésbe hozható fajok is vannak. Mivel ezek a késő középkorig megtalálhatók, egyben arra is utalnak, hogy a természeti környezetben a mezőgazdasági tevékenység ugyan folyamatos változást okozott, de alapvetőt nem.

Itt jegyezzük meg, hogy a magyar flórában előforduló, mintegy 156 db archaeofiton egykori gyomfaj közül – elsősorban a nagyüzemi gazdálkodás miatt – mára már sok a kipusztulás szélére került. Ezért ezek vizsgálata a történeti agrobiodiverzitás tárgykörébe tartozik, megőrzésük pedig nemzeti feladat. Az egykori adventív gyomok közül néhányan máris felkerültek a hazai védett fajok listájára, ahol eszmei értékük pénzben megállapított: konkoly (*Agrostemma githago* L.), magas borsó (*Pisum elatius* Stev.), festő csülleng (*Isatis tinctoria* L.), üstökös gyöngyike (*Muscari comosum* Soó). Néhány faj pedig olyan jelentős esztétikai értékkel bír, hogy vetőmagjukat dísznövényként máris forgalmazzák pl. pipacs (*Papaver rhoeas* L.), kék búzavirág (*Centaurea cyanus* L.), tinóöröm (*Vaccaria hispanica* (Mill.) Rauschert), mások pedig potenciális dísznövényként jönnek számításba pl. kandilla (*Nigella arvensis* L.), mezei szarkaláb (*Consolida regalis* S.F. Gray), nyári hérics (*Adonis aestivalis* L.) stb.

MEZŐGAZDASÁG-, TÁPLÁLKOZÁS- ÉS KÖRNYEZETTÖRTÉNETI REKONSTRUKCIÓ LEHETŐSÉGEI

A környezet változása bonyolult összefüggésrendszer keretén belül érvényesül. Az egykoron élt ember környezetére vonatkozó ismereteink azonban rendkívül gyérek. Éppen ezért nagy szükség van arra, hogy ismereteinket a környezet és az ember kölcsönhatásának vizsgálatában elmélyítsük. Az egykori vegetációs környezet és felszínborítás vizsgálata számos tudományterületre terjed ki, úgy mint a geológia, a régészeti talajtan, az archaeobotanika, az archaeozoológia stb., éppen ezért a környezet változásaival foglalkozó történeti ökológia interdiszciplináris tudomány.

A történeti ökológia fogalmát nem a természettudomány, hanem a közgazdaságtudomány vezette be, az 1986-ban megrendezett berni Nemzetközi Gazdaságtörténeti Kongresszuson született meg. Tárgya az ember és a természeti környezet viszonya a történelem során. Mégsem a közgazdászok, hanem a társadalomtudósok, elsősorban a történészek bontakoztatták ki, megemlítve a természettudományok szerepét is. A történészek – már képzettségükből adódóan is – az ökológiát a történeti (írott) források oldaláról közelítik meg, az ökológia mélyebb összefüggéseinek feltárása nélkül. Ezért is természetes, hogy a történeti ökológia összemosódik a művelődés történetével, s az is érthető, hogy a környezetvédelem is belekerül e roppant nagy kérdéskörbe.

Az ember és környezetének viszonya környezetelméleti szempontból vizsgálva két oldalról közelíthető meg: az emberi civilizáció hatása a környezetre, illetve a környezet hatása a társadalmi átalakulásokra. A társadalom és a környezet viszonyának vizsgálata a társadalomkutatók körében egymásnak ellentmondó környezetelméleti iskolák (pl. környezeti determinizmus, possibilizmus) létrejöttéhez vezetett.

Az eddigi eredményeket tekintve a történeti ökológiának van egy történészek által művelt társadalomtudományi és van egy interdiszciplináris kutatásokat egybeötvöző természettudományi oldala.

A társadalomtudományok a történeti ökológiában a természeti környezet és a társadalom egymásra hatását kutatják. Megítélésük szerint a környezet a történelem szerves része. Minthogy az emberi társadalom hatással van a környezetre, csakúgy hatással van a természeti környezet a gazdaság és a társadalom változásaira. Ezért az embert nemcsak a történelem alanyának, hanem az ökoszisztéma részének is tekintik.

A „*művelődés története*” felől megközelítve történeti ökológia nem jelent mást, mint hogy „*mennyiben és hogyan határozta meg a környezet a kultúrát, az idő a tudatot, a közösség viselkedését?*”.

Az ember és a természet kapcsolata tulajdonképpen ősi ködbe vesző, de dinamikus fejlődő párbeszéd. Vizsgálódásainak tárgyiasága érdekében természetesen le kell küzdenie számos filozófiai nézet (pl. pozitivisták irányzatok, mechanikus fejlődéstudomány, romantikus naturalizmus) szabta korlátot. A mítoszokban kódolt ökológiai gondolkodás: akció–kockázat–visszkapcsolás. A kora újkor ökológiai gondolkodásának sémáját pedig így vázolja fel R. Várkonyi: akciók (ipar, kereskedelem stb.), információk (tapasztalat, hagyomány, tudományos természetismeret, racionális előrelátás), érdekek, szükségletek és a kockázatok mérlegelése, döntések és visszkapcsolások (törvény, tudomány).

Az írott (krónikák, legendák, történeti művek) és ikonográfiai (festmények, metszetek, stb.) források, vallási hiedelmek, mítoszok, ősi tradíciók, természetfilozófiák, jogi és erkölcsi kategóriák számos, az egykori környezetre utaló feljegyzést, utalást tartalmaznak, amivel foglalkozni kell.

Az okleveles adatok feltárásai, a természettudományos vizsgálatok kiterjesztése (előbb a geológia és a meteorológia, később pollenanalízis, dendrokronológia) a történelem során lejátszódó számos nagy ökológiai változásra mutattak rá. Mindezek eredményeként változott, vagy legalábbis változni látszik a természeti környezet megítélése. Már nem tűnik passzív szereplőnek, hanem egyre inkább cselekvő részévé válik a történelemnek. A környezeti hatások humán következményeit vizsgáljuk meg (itt) a braudeli hármasság szerint: az események, a ciklusok és a struktúrák idejében. Ebben a felfogásban az esemény rövid periódusú környezeti anomália (pl. vulkánkitörés, szökőár) melynek hatása jelentős, de tartós kihatással nem bír, nem tekinthető történelemformáló erőnek. A ciklus évtizedig, esetleg évszázadig tartó környezeti változás (pl. a 14. század tartós lehűlése), mely kihatással volt a történelem alakulására (éhínségek, járványok). A struktúra hosszú, több évszázadig tartó klímaváltozás, mely történelemformáló

erő (pl. a koraközépkor, 4–9. század tartós felmelegedése és szárazsága, mely a dominó elv alapján népvándorlást indított el Belső-Ázsiából).

A környezet történetének feltárásához az alapot a környezeti régészet szolgáltatja. Feladatát Butzer több mint negyven esztendeje fogalmazta meg. Célja, hogy az előkerült maradványt, s ebbe éppúgy beletartozik a mag, mint az állatcsont, a környezettel összefüggésben vizsgálják.

A hazai környezeti régészet közvetlen előzményének számít a második világháború után megindult komplex őskor-kutatás. Előtte csak a Magyar Állami Földtani Intézetben folyt ilyen jellegű munka. Ezen a természettudományos módszerek célja az ökológiai rekonstrukció. Az első ilyen jellegű munka – korát megelőzve – Vértes Lászlótól született. Alig egy évvel később már az interdiszciplináris tudományok szükségességét, a bennük levő lehetőségeket hirdette Sági és Füzes. Hazánkban is egyre nagyobb teret hódít a klasszikus régészeti hagyományokat és interdiszciplináris kutatásokat ötvöző környezeti régészet és integrált archaeobotanikai kutatás. Az utóbbi néhány évben megnövekedett az ilyen, interdiszciplinaritásra törekvő ásatás és régészeti kutatómunka.

A különböző szakterületek közötti szoros együttműködés tehát új eredményekhez vezetett. A mind kiterjedtebben alkalmazott természettudományi vizsgálatok: archaeogenetika, archaeozoológia, archaeobotanika, régészeti talajtan stb. növelték az információmennyiséget, így megkönnyítették a régész szakemberek számára az egykori kultúrák életmódjának tisztázását, lehetőséget biztosítottak a település egykori környezetének rekonstrukciójára, pl. a kultúrnövények elterjedése sajátos termőhelyi igényeik folytán a természet átalakulásához vezetett. Ezeket a környezeti változásokat ma már a természettudományi vizsgálatok eredményeinek komplex felhasználásával tudjuk csak végigkísérni.

A régészeti feltárásokból származó növényi maradványok vizsgálatának különösen akkor nő meg a jelentősége, ha az előkerült növények termesztésére semminemű, vagy csak igen kevés régészeti, írásos és ikonográfiai anyag áll rendelkezésre. A gabonafajok ismert termőhelyi igényei, termesztési körülményei, segítik egy-egy régészeti kultúra növénytermesztési ismereteinek, a termesztés színvonalának megismerését. A növénytani vizsgálatok során olykor az egykori természetes növénytársulás elemei is megtalálhatók.

A hazai talajviszonyok mellett elsősorban a gabonafélék és a gyomfajok maradványai fordulnak elő olyan mennyiségben, hogy azokból számottevő következtetéseket vonhassunk le. Az archaeobotanikai kutatásoknak köszönhetően tényként könyvelhetjük el, hogy a Kárpát-medence Európa egyik legrégebbi kultúrtája. Nyolcezer évre tekint itt vissza a növénytermesztés, négyezer évre a zöldségtermesztés, kétezer évre a gyümölcsstermesztés. A termesztett növények az első neolitikus földművelő népességgel kerültek be a Kárpát-medencébe.

A gabonamaradványok archaeobotanikai vizsgálatai, nem csak a növénytermesztés történetéhez járulnak hozzá, hanem bizonyos történeti utalásokat is tartalmaznak a történeti ökológia számára. Vegyük mindjárt az agrobiodiverzitás kérdését. Magyarország a 20. század végén 4,7 millió ha mezőgazdasági területtel rendelkezett. E területen 350 szántóföldi és kertészeti kultúrnövény faj közel 4000 elismert és termesztett változatát (fajtáját) kultiválták. A hazai génbankokban 80.000 tétel genetikai anyagot tárolnak és vizsgálnak. Korunk rohamosan változó világában igen fontos a genetikai tartalékok feltárása és megőrzése. Kétségtelen, hogy az állandóan fejlődő biotechnológiai módszereivel sokkal gyorsabban lehet fajtát előállítani, mint hagyományos módon, szelekcióval, azonban a növényfajok sok évszázados kultúrevolúciós fejlődését itt a Kárpát-medencében semmi nem pótolhatja. Ez, és csakis ez, a jövő élelmiszerbázisának záloga, a növénynevelés tárháza.

A Kárpát-medence sajátos klimatikus és ökológiai viszonyai, a kultúrnövényeknek a termesztésben eltöltött hosszú ideje és az ezzel együtt járó népi szelekció következtében igen magas fokú diverzitása jött létre. A tájfajták így kulturális örökségünk részének tekintendők, ezért megőrzésük nemzeti feladat.

A régi korok növényei – szemben a mai monokultúrában tartott, genetikailag sokszor túlteljesített és ezért leromlásnak indult fajtákkal – oly mértékben illeszkedtek a környezetbe, hogy azzal szinte szerves egységet alkottak. Egy-egy táj, tájegység saját fajtát „nevelt” belőlük. Ezeket jobb elnevezés híján „ősi tájfajták”-nak nevezzük. A gabona- és gyümölcs-tájfajták genetikai adottságaiknál fogva ellenállóak, az emberi fogyasztás szempontjából előnyös beltartalmi értékekkel rendelkeznek és hozamuk sem lebecsülendő. *In situ* megőrzésükre és fennmaradásukra elsősorban az ún. érzékeny természeti területek extenzív gazdálkodásának terjedésével számíthatunk. Amennyiben sikerül az ilyen területeken élő és gazdálkodó

embereket érdekeltté tenni a néprajzi és agrártörténeti hagyományokon alapuló, régi tájfajtákat felhasználó természetelvű gazdálkodásra, úgy lehetőség nyílik a kultúrfaj-diverzitás megőrzésére.

Azonban a termesztett növények tekintetében az egymásra következő régészeti koroknál egészen a középkorig kontinuitást nem tapasztalunk. Számos növényfaj termesztése csak bizonyos régészeti korokhoz vagy kultúrához köthető. Amennyiben megvizsgáljuk a Kárpát-medence elmúlt nyolc évezredének történetét, úgy ki kell mondanunk, hogy a termesztett kultúrnövények (fajok/fajták) és egyes emberi populációk között szignifikáns korreláció van. Az itt élt népeiségek beköltözésükkor saját addig termesztett növényeiket hozták magukkal és termesztették tovább. A növénytermesztés a természetes vegetáció rovására erősödött fel. A termesztett növények és a természetes vegetáció kapcsolatát a Kárpát-medencében élt népeiségek életmódja mellett a klimatikus viszonyok határozták meg. Az egyes régészeti kultúrák „eltűnésével” számos, eladdig nagymértékben termesztett növényfaj tűnt el szinte nyomtalanul. Ezért a jelen korunkat megelőző időkben mindenképpen a termesztett növények kultúrafüggőségéről kell beszélnünk. Számos, korábban egy-egy kultúrára oly jellemző kultúrnövény vált gyomfajjává vagy tűnt el szinte nyom nélkül, mint pl. a ciorlencse [*Vicia ervilia* L. (Willd.)], amely nálunk csak a középső és a késő bronzkorban fordult elő. Ám ez a hüvelyes több mint egy évezreden keresztül jellemezte az akkori konyhakerti főzelék-növény-termesztést. Mégis a bronzkor elmúltával már gyomnövényként sem találjuk meg a növénymaradványok között.

A kultúrnövények magyarországi fajtahasználatának kezdeteit írásos forrásokra támaszkodva a gyümölcsöknél már a középkorig vissza tudjuk vezetni. A gabonaféléknél ez már nehezebb. A zöldségnövényeknél ez jó esetben is csak az újkorig sikerül. A szőlővel állunk a legjobban: bizonyos, hogy a római korban már több fajtáját termesztették a borszőlőnek. A jelek szerint a fajtadiverzitás a középkorban pedig tovább bővült.

A korabeli természetes flóra a környezetre mindenkor közvetlenebbül utal, mint az állatmaradványok. Az állattartás (különösen az esetleges import/export viszonyok) részben a környezet rekonstrukciója alapján, részben a növénytermesztési leletekkel párhuzamba állítva igazán érdekes.

Az Angliában kidolgozott *site catchment analysis* (település-erőforrás eloszlási vizsgálat) lényege, hogy éppen a növényleletek alapján kísérlük meg rekonstruálni az egykori telepet, a szántóföldek helyét és a távolabbi, vadászatra, gyűjtögetésre alkalmas környezetet.

Bár sikerrel következtetünk a régészeti korok környezetére, mégis az egykoron élt növénytársulások rekonstrukciója szinte megoldhatatlan feladatnak tűnik. Bizonyos, hogy az idők folyamán a növénytársulások változtak. További nehézséget jelent, hogy a leletanyagban nincs jelen az egykori vegetáció valamennyi tagja, akár társuláskarakter fajok is hiányozhatnak, vagy éppen több termőhelyen egykoron élt társulás fajainak maradványai kerültek egy helyre (gyűjtögetés, készletezés stb.). A talajba került diaszpórák különben sem maradnak fenn egyformán. Minél több objektumot (házak padlózata, hulladék rétegek, tároló, hulladék és fekália gödrök, árkok, kutak, ciszternák stb.) vizsgálunk meg egy lelőhelyen, annál nagyobb az esély, hogy a kultúrnövények és a hozzájuk tartozó gyomfajok mellett előbb-utóbb a lelőhely egykori természeti környezetéből származó fajok magjaira és terméseire is rábukkanunk.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Acs P., Wilhalm T., Oeggl K. (2005) Remains of grasses found with the Neolithic Iceman "Ötzi". *Vegetation History and Archaeobotany* 14 (3), 198–206.
- Andrasovszky J. (1915) A szőlőmagvak diagnosztikus értéke (Der diagnostische Wert der Traubensamen). *Borászati Lapok* 47, 39.
- Andrasovszky J. (1917) A szőlőmagvak diagnosztikus értéke. *A M. Királyi Központi Szőlészeti Kísérleti Állomás és Ampelológiai Intézet Évkönyv* 6, 49–59.
- Apicius M. G. (1996) *De Re Coquinaria Librorvm X Qvi Dicvntvr De Re Coqvinaria*. Szakácskönyv a római császárkorból. Enciklopédia Kiadó, Budapest.
- Árendás V. (1982) A magyarországi archeobotanikai adatok összehasonlító értékelése. *Agrártörténeti Szemle* 1982 (1–2), 1–52.
- Asouti E. (2006a) pcwww.liv.ac.uk/~easouti/methodology_application.htm (utolsó megtekintés 2014. 08. 20.)
- Asouti E. (2006b) pcwww.liv.ac.uk/~easouti/History%20of%20charcoal%20analysis.htm 1 (utolsó megtekintés 2014. 08. 20.)
- Asouti E., Austin P. (2005) Reconstructing woodland vegetation and its exploitation by past societies, based on the analysis and interpretation of archaeological wood charcoal macroremains. *Environmental Archaeology* 10, 1–18.
- Asouti E., Hather J. (2001) Charcoal analysis and the reconstruction of ancient woodland vegetation in the Konya Basin, south-central Anatolia, Turkey: results from the Neolithic site of Çatalhöyük East. *Vegetation History and Archaeobotany* 10, 23–32.
- Austin P. (2000) The emperor's new garden: woodland, trees and people in the Neolithic southern Britain. In: Fairbairn A. S. (ed.) *Plants in Neolithic Britain and Beyond*. Oxford, Oxbow, 63–78.
- Babos K. (1994) *Faanyagismeret és fajfaj-meghatározás restaurátoroknak*. Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest.
- Balassa I. (1963/64) Kezdetleges gabonatisztító eljárások. *Magyar Mezőgazdasági Múzeum Közleményei*, 41–60.
- Bartha D. (2009) Kövessi Ferenc (1875–1945) élete és munkássága. *Erdésznyagyjaink Arcképcsarnoka* 21. Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Sopron.
- Beall F. C. (1972) Introduction to thermal analysis in the combustion of wood. *Wood Science* 5, 102–108.
- Beijerinck W. (1947) *Zadenatlas der Nederlandsche Flora*. Wageningen, H. Veenman and Zonen.
- Belea A. (1986) *Faj- és nemzetségkeresztetések a növényvilágban*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Bertsch K. (1932) Die Pflanzenreste der Pfahlbauten von Sipplingen und Langenrain im Bodensee. *Badische Fundberichte* 2, 305–320.
- Bertsch K., Bertsch F. (1949) *Geschichte unserer Kulturpflanzen*. Stuttgart.
- Berzsényi B., Dálnoki O. (2010) A növényi makromaradványok elemzésének szerepe a régészetben. In: Pető Á., Kreiter A. (szerk.) *Mikroszkóppal a régészet szolgálatában*. A Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat Alkalmazott Természettudományi Laboratóriumában végzett természet- és környezet-tudományos vizsgálatok bemutatása. A K.Ö.SZ. Tudományos-népszerűsítő füzetek 2, 44–50.
- Bodor P. (2010) *A Vitis sylvestris C.C. Gmel. (ligeti szőlő) és további vitis taxonok kapcsolatának vizsgálata morfológiai bélyegekkkel és molekuláris markerekkel*. Doktori értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.
- Bóka K., Jakucs E., Kristóf Z., Vági P. (2007) *Növényiszervezettani gyakorlatok I*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Bóka K., Kósa A., Kovács M. G., Preininger É., Solymosi K., Vági P. (2010) *Növényiszervezettani gyakorlatok II*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

- Bouby L., Figueiral I., Bouchette A., Rovira N., Ivorra S. (2013) Bioarchaeological insights into the process of domestication of grapevine (*Vitis vinifera* L.) during Roman times in Southern France. *PLoS ONE* 8 (5), e63195.
- Braadbaart F., Poole I. (2008) Morphological, chemical and physical changes during charcoalification of wood and its relevance to archaeological contexts. *Journal of Archaeological Science* 35 (9), 2434–2445.
- Brecher Gy. (1960) *A magismeret atlasza*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Britton K., Huntley J. (2010) New evidence for the consumption of barley at Romano-British military and civilian sites, from the analysis of cereal bran fragments in faecal material. *Vegetation History and Archaeobotany* 20 (1), 41–52.
- Cappers R. T. J., Bekker R. M., Jans J. E. A. (2006) *Digital Seed Atlas of the Netherlands*. Barkhuis, Netherland.
- Chen I., Manchester S. R. (2007) Seed morphology of modern and fossil Ampelocissus (Vitaceae) and implications for phytogeography. *American Journal of Botany* 94, 1534–1553.
- Chen T., Wu Y., Zhang Y., Wang B., Hu Y., Wang C., Jiang H. (2012) Archaeobotanical study of ancient food and cereal remains at the Astana Cemeteries, Xinjiang, China. *PLoS One* 7 (9), e45137.
- Cooremans B. (2008) The Roman cemeteries of Tienen and Tongeren: results from the archaeobotanical analysis of the cremation graves. *Vegetation History and Archaeobotany* 17, 3–13.
- Crivellaro A., Schweingruber F. H. (2015) *Stem Anatomical Features of Dicotyledons – xylem, phloem, cortex and periderm characteristics for ecological and taxonomical analyses*. Verlag Dr. Kessel, Remagen.
- Csőre P. (1980) *A magyar erdőgazdálkodás története*. Középkor. Budapest.
- Dálnoki O., Jacomet S. (2002) Some aspects of Late Iron Age agriculture based on the first results of an archaeobotanical investigation at Corvin tér, Budapest, Hungary. *Vegetation History and Archaeobotany* 11, 9–16.
- Deininger I. (1881) Deininger Imre jelentése. In: Nyáry J. (szerk.) *Az Aggteleki barlang mint őskori temető*. Budapest, 55–64
- Deininger I. (1892) Adatok kultúrnövényeink történetéhez. A lengyeli őskori telep növénymaradványai. *Keszthelyi Magyar Királyi Gazdasági Tanintézet Évkönyve* 1891, 1–31.
- Ellenberg H. (1979) Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica* 9, 125.
- Engloner A., Penksza K., Szerdahelyi T. (2001) *A hajtásos növények ismerete*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Facsar G. (1970a) Habitus studies on seeds *Vitis vinifera* L. sorts. *Acta Agronomica Hungarica* 19, 403–406.
- Facsar G. (1970b) Összehasonlító morfológiai vizsgálatok kerti szőlőfajták magjain. *Botanikai Közlemények* 57, 221–231.
- Facsar G. (1972a) A kerti szőlő (*Vitis vinifera* L.) fajtáinak magtípusrendszere. Szőlő- és gyümölcstermesztés VII. *Szőlészeti és Borászati Kutató Intézet Közleményei*, 191–216.
- Facsar G. (1975) Agricultural-botanical analysis of the medieval grape seeds from the Buda castle hill. *Mitteilungen des Archäologischen Instituts der Ungarischen Akademie der Wissenschaften* 4, 157–173.
- Facsar G. (2000) Régészeti szőlőmagleletek Magyarország területéről. In: Csoma Zs., Balogh I. (szerk.) *Milleniumi szőlős-boroskönyv. A szőlő és bor Magyarországon*. Agroiinform, Budapest, 9–18.
- Facsar G., Jerem E. (1985) Zum urgeschichtlichen Weinbau in Mitteleuropa. Rebkerne von *Vitis vinifera* ssp. *vinifera* L. aus der urnenfelder-, hallstatt- und latenezeitlichen Siedlung Sopron-Krautacker. *Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland* 71, 121–144.
- Feindt F. S. M. (1989) Organische Reste an einem Bronzeschwert aus Flintbek. Archäobotanik. *Dissertationes Botanicae* 133, 81–88.

- Figueria I., Mosbrugger V. (2000) A review of charcoal analysis as a tool for assessing of Quaternary and Tertiary environments: achievements and limits. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 164, 397–407.
- Firbas P. (1949) *Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen*, Jena.
- Füzes M. (1972) Előzetes jelentés az 1967. évi pogányszentpéteri kolostor-ásatás XVI. század eleji gabonaleletéről. *Thury György Múzeum Jubileumi Évkönyve*, 285–290.
- Füzes M. (1978) Egy római katonai expedíció növényi bizonyítékai. *Élet és Tudomány* 25, 787–790.
- Füzes M. (1990) A földművelés kezdeti szakaszának (neolitikum és rézkor) növényleletei Magyarországon (Archaeobotanikai vázlat). *Tapolcai Városi Múzeum Közleményei* 1, 139–238.
- Füzes M. (1991) A Dunántúl korai növénytermesztése és növényleletei. A Starčevo kultúra és a „Tapolcai csoport”. *Bibliotheca Musei Tapolcensis* 1, 267–362.
- Gassner G. (1989) *Mikroskopische Untersuchung pflanzlicher Lebensmittel*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Gärtner H., Schweingruber F. H. (2013) *Microscopic Preparation Techniques for Plant Stem Analysis*. Verlag Dr. Kessel, Remagen.
- Gong F., Karsai I., Yu-Sheng (Christopher) Liu (2010) *Vitis seeds* (Vitaceae) from the late Neogene Gray Fossil Site, northeastern Tennessee, U.S.A. *Review of Palaeobotany and Palynology* 162 (1), 71–83.
- Greguss P. (1939) Szegedkörnyéki régészeti leletek xylotomiai vizsgálata. *Botanikai Közlemények* 36 (3–4), 130–143.
- Greguss P. (1943) A közép-európai fák és cserjék meghatározása szövettani alapon. Országos Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest.
- Greguss P. (1959) *Holzanatomie der Europäischen Laubbölzer und Sträucher*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Grosser D. (2003) *Die Hölzer Mitteleuropas. Ein mikrophotographischer Lehratlas*. Verlag Dr. Kessel, Remagen.
- Grüss J. (1930) Inhaltreste aus der vor- und frühgeschichtliche Zeit. *Der Naturforscher* 9, 156.
- Grüss J. (1935) Über Honigreste aus prähistorischer Zeit. *Forschungen und Fortschritte* 11, 260–261.
- Grynaeus A. (2004) A magyarországi dendrokronológiai kutatás eredményei és új kérdései. In: F Romhányi B., Grynaeus A., Magyar K., Végh A. (szerk.) „*Es tu scholaris*”. *Ünnepi tanulmányok Kubinyi András 75. születésnapjára*. Budapesti Történeti Múzeum, Budapest, 87–102.
- Grynaeus A. (2009) *Vizsgálati eredmény a Vác, Piac utca lelőhely faelemeinek elemzéséről*. Jelentés. A Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat adattára: 2009-0038.
- Grynaeus A. (2010) *Vizsgálati eredmény a Vác, Piac utca lelőhely faelemeinek elemzéséről* 2. rész. Jelentés. A Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat adattára: 2008-0089/3.
- Gyulai F. (1987) A gyümölcs- és szőlőtermesztés emlékei Fogyód-Bélatelep Árpád-kori (recte: Késő népvándorláskori) településéről. *Zalai Múzeum* 1, 123–159.
- Gyulai F. (1993) *Environment and Agriculture in Bronze Age Hungary*. Archaeolingua, Budapest.
- Gyulai F. (1995) The analytical study of carbonized grain remains from the lake Balaton region (Hungary). *Annali Botanica Roma* 53, 251–260.
- Gyulai F. (1995) Natural environment and climate. Plant exploitation and agriculture. In: Bartosiewicz L. (ed.) *Animals in the Urban Landscape in the Wake of the Middle Ages. A case study from Vác, Hungary*. British Archaeological Reports International Series 609. Archaeopress, Oxford, 93–110.
- Gyulai F. (1996a) Balatonmagyaród-Hídvépuszta késő bronzkori település növényleletei és élelmiszermaradványai. *Zalai Múzeumok* 6, 169–195.
- Gyulai F. (1997a) Szenült szemtermések analitikai vizsgálata. *Zalai Múzeum* 8, 176–190.
- Gyulai F. (1997b) A honfoglaló magyarság ételeinek régészeti-növénytanai forrásai. „Nyereg alatt puhítjuk...? Vendéglátási és ételkészítési szokások a honfoglaló magyaroknál és a rokon kultúrájú lovas népeknél.” *Kereskedelmi, Vendéglátó és Idegenforgalmi Főiskola Tudományos Közlemények II. Ómagyar kultúra* 10, 113–134.

- Gyulai F. (1997c) Kompolt 15. számú lelőhely növénymaradványai mint a hazai italkészítés legkorábbi (rézkori) közvetett bizonyítékai. *Agria* 33, 59–76.
- Gyulai F. (1998a) The study of organic remains from the Celtic period site of Keszthely-Fenekpuszta. In: Anreiter P., Bartosiewicz L., Jerem E., Meid W. (eds) *Man and the Animal World. Studies in Archaeozoology, Archaeology, Anthropology and Palaeolinguistics in Memoriam Sándor Bökönyi*. *Archaeolingua* 8, Budapest.
- Gyulai F. (1999a) Conclusions of Plant Cultivation of Middle Bronze Age Fortified Settlements Drawn from the Evidence of Plant Remains. In: Endrődi A., Gyulai F., Soroksár-Várhegy, a Fortified Bronze Age Settlement in the Outskirts of Budapest. *Communicationes Archaeologicae Hungariae*, 6–34.
- Gyulai F. (1999b) A Rákospalota-Újmajor 1. lelőhelyről származó növényleletek archaeobotanikai feldolgozása. In: Bencze Z., Gyulai F., Sabján T., Takács M. (szerk.) *Egy Árpád-kori veremház feltárása és rekonstrukciója. Monumenta Historica Budapestinensia* 10, Budapest.
- Gyulai F. (2000a) A gabonafélék diverzitásának változása s Kárpát-medencében. Archaeobotanikai áttekintés In: Gyulai F. (szerk.) *Az agrobiodiverzitás megőrzése és hasznosítása. Szimpózium Jánossy Andor emlékére*. Budapest.
- Gyulai F. (2000b) Klíma, táj, kultúrák: összefüggések és különbségek a Kárpát-medencében. In: Füleki Gy. (szerk.) *A táj változásai a Kárpát-medencében a történelmi események hatására*. Budapest–Gödöllő.
- Gyulai F. (2001) *Archaeobotanika. A kultúrnövények története a Kárpát-medencében a régészeti-növénytan vizsgálatok alapján*. Jászöveg Műhely, Budapest.
- Gyulai F. (2003) Kiskundorozsma-Nagyszék szarmata telep ételmaradványainak archaeometriai vizsgálata. In: Szalontai Cs. (szerk.) *Úton, útfélen. Múzeumi kutatások az M5 autópálya nyomvonalában*. Móra Ferenc Múzeum, Szeged, 149–155.
- Gyulai F. (2004) A fajtahasználat legkorábbi bizonyítékai a Kárpát-medencében? *Növénytermelés* 53 (4), 305–401.
- Gyulai F. (2007) *Táplálkozás a történelmi korokban*. Egyetemi jegyzet. SZIE MKK, KTI, Gödöllő.
- Gyulai F. (2009b) Mi a történelmi ökológia? In: Fatuska J., Fülöp É. M., Gyüsü L. (szerk.): *Környezetváltozás, termelés, fogyasztás: adatok a történelmi ökológia kérdésköréhez*. *Annales Tataienses* 5.
- Gyulai F. (2010) *Archaeobotany in Hungary. Seed, Fruit, Food and Beverage Remains in the Carpathian Basin from the Neolithic to the Late Middle Ages*. *Archaeolingua Main Series* 21. Budapest.
- Gyulai F. (2012a) L'examen archéobotanique de la nécropole celtique de Ludas–Varjú-dűlő In: Szabó M. (ed.) *La nécropole celtique à Ludas–Varjú-dűlő*. L'Harmattan, Budapest, 380.
- Gyulai F. (2012b) The archaeobotanical characterization of the Körös culture. In: Anders A., Siklósi Zs. (eds) *The First Neolithic Sites in Central/South-East European Transect*. Volume III. The Körös Culture in Eastern Hungary. *British Archaeological Reports International Series* 2334. Archaeopress, Oxford.
- Gyulai F. (2013) New archaeobotanical Data of the Bell Beaker Csepel Group. In: Prieto Martínez M. P., Salanova L. (eds) *Current Researches on Bell Beakers*. Proceedings of the 15th International Bell Beaker Conference: From Atlantic to Ural. Santiago de Compostela, 89–96.
- Gyulai F. (2014) Újabb eredmények a honfoglaló magyarság étkezési kultúrájának feltárásában: Edelény-Borsod földvár ételmaradványainak vizsgálata. In: Révész L., Wolff M. (szerk.) *A honfoglaláskor kutatásának legújabb eredményei. Tanulmányok Kovács László 70. születésnapjára*. Monográfiák a Szegedi Tudományegyetem Régészeti Tanszékéről 3. Szeged.
- Gyulai F. (é. n.) *Középkori növénymaradványok Vác belvárosából*. Kiadatlan kézirat.
- Gyulai F., Hertelendi E., Szabó I. (1992) Plant remains from the early medieval lakeshore settlement Fonyód-Bélatelep (Lake Balaton, Hungary) with especial emphasis on the history of fruit cultivation in Pannonia. *Vegetation History and Archaeobotany* 1, 177–184.

- Gyulai F., Kállay M. (2002) Italmaradványok a Kárpát-medencében. In: Benyák Z., Benyák F. (szerk.) *Borok és korok*. Hermész kör, Budapest, 113–114.
- Gyulai F., Kállay M. (2009) Közép-Európa legkorábbi bormaradványának archaeometriai vizsgálata. Hallstatt-kori italmaradvány Nyugat-Magyarországról. In: Bóta L., Haász A. (szerk.) *Kovács. Tanulmánykötet Dr. Csizmadia László 70. születésnapjára*. Budapesti Gazdasági Főiskola, Budapest, 305–331.
- Gyulai F., Kenéz Á., Pető Á. (2011) Morphogenetics of seed and plant remains in the Carpathian Basin from the Neolithic to the late Medieval age (8000 bp to 17th cent ce). In: Gyulai G. (ed.) *Plant Archaeogenetics*. Nova Sci Publisher Inc., New York, 31–39.
- Gyulai F., Kenéz Á., Pető Á. (2013) Archaeobotanical analysis of crop and food remains from the excavation in 2009 at the Late Roman fortification of Keszthely-Fenekpuszta. In: Heinrich-Tamáska O. (Hrsg.): *Keszthely-Fenekpuszta: Katalog der Befunde und Ausgewählter Funde sowie neue Forschungsergebnisse*. Castellum Pannonicum Pelsonense 3. Verlag Marie Leindorf GmbH, Budapest–Leipzig–Keszthely–Rahden/Westf., 635–646.
- Gyulai F., Kenéz Á., Pető Á. (2014) Getreide Ökotypen oder Landsorten als archäobotanische Beweise für die prähistorische Sortennutzung. In: Heinrich-Tamáska O., Straub P. (Hrsg.) *Mensch, Siedlung und Landschaft im wechsel der Jahrtausende am Balaton*. Castellum Pannonicum Pelsonense Vol. 4. Verlag Marie Leindorf GmbH, Budapest–Leipzig–Keszthely–Rahden/Westf., 429–435.
- Gyulai F., Lakatos B. (2013) La Tène archaeobotanical remains from Keszthely-Fenekpuszta. In: Heinrich-Tamáska O. (Hrsg.): *Keszthely-Fenekpuszta: Katalog der Befunde und Ausgewählter Funde sowie neue Forschungsergebnisse*. Castellum Pannonicum Pelsonense 3. Verlag Marie Leindorf GmbH, Budapest–Leipzig–Keszthely–Rahden/Westf., 647–652.
- Gyulai F., Pósa P., Ringer I. (2012) A kora újkor növényi sokféleségének maradványai Sárospatakon. Hogyan született az újkori falu? Régészeti adatok a mezőgazdaság- és a településtörténet kérdéseire. Konferencia a Tudomány Hete alkalmából. *Budapesti Történelmi Múzeum*, 2012. november 6.
- Gyulai F., Pósa P., Mravcsik Z., Kenéz Á., Pető Á., Gyulai G. (2013) Szőlőleletek a Kárpát-medence régészeti korszakaiból. In: Muskovics A. A. (szerk.) *Szőlő-Bor-Termelés-Fogyasztás-Társadalom. Bor-kultúra és társadalom visszatétele a 21. századi Magyarországról*. Agroinform Kiadó, 171–185.
- Gyulai F., Torma A. (1993) Az urnasíros kultúra görög településének növényleletei. Nyugat-Dunántúl bronzkora. *Pápai Múzeumi Értesítő* 93 (3), 277–286.
- Gyulai F., Torma A. (1999) Die Pflanzenfunde einer Siedlung der Urnenfelderkultur in Gôr. *Savaria* 24, 359–367.
- Gyulai G., Humphreys M., Lagler R., Szabó Z., Tóth Z., Bittsanszky A., Gyulai F., Heszky L. (2006) Seed remains of common millet from the 4th (Mongolia) and 15th (Hungary) centuries; AFLP, SSR, and mtDNA sequence recoveries. *Seed Science Research* 16, 179–191.
- Gyulai G., Malone R. P., Waters L. Jr., Heszky L., Kiss E. (2011) Morphogenetics of ancient *Vitis* seeds from Antiquity (3rd and 11th–15th Cents Hungary). A genotype reconstruction. In: Gyulai G. (ed.) *Plant Archaeogenetics*. Nova Sci Publisher Inc., New York, 41–48.
- Gyulai G., Tóth Z., Szabó Z., Gyulai F., Lágler R., Kocsis L., Heszky L. (2009) Domestication Events of Grape (*Vitis vinifera*) from Antiquity and the Middle Ages in Hungary from Growers' Viewpoint. *Hungarian Agricultural Research* (3–4), 8–12.
- Hajnalová E. (1989) Evidence of a carbonized loaf of bread and cereals from Bratislava-Devin. *Slovenska Archeologia* 37, 89–104.
- Hajnalová E. (2001) Ovocie a ovocinárstvo v archeobotanických nálezoch na Slovensku. *Acta Interdisciplinaria Archaeologica* 10, 132.
- Haraszy Á. (szerk.) (1979) *Növényiszervezetan és növényélettan*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Heer O. (1865) *Die Pflanzen der Pfahlbauten*. Neujahrsblatt der Naturforsch. Gesellschaft Zürich für 1866.

- Hehn V. (1877) *Kulturpflanzen und Haustiere in ihrem Übergang aus Asien nach Griechenland und Italien sowie das übrige Europa*. Berlin.
- Herrmann B. (Hrsg.) (1989) *Mensch und Umwelt im Mittelalter*. Frankfurt am Main.
- Hillebrecht, M-L. 1989. Eine mittelalterliche Energiekrise. In: Herrmann, B. (Hrsg.): *Mensch und Umwelt im Mittelalter*. Frankfurt am Main, 275–283.
- Horváth F., Dobolyi K. Z., Morschhauser T., Lökös L., Karas L., Szerdahelyi T. (1995) *FLÓRA Adatbázis 1.2. Taxon-lista és attribútum-állomány*. Flóra Munkacsoport MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete és MTM Növénytár, Vácrátót-Budapest.
- Jacomet S. (2006) *Identification of cereal remains from archaeological sites*. 2nd edition. IPAS, Basel University.
- Jacomet S., Brombacher C., Dick M. (1989) *Archäobotanik am Zürichsee*. Vol. 7. Berichte der Zürcher Denkmalpflege, Monographien. Orell Füssli, Zürich.
- Jacomet S., Kreuz A. (1999) *Archäobotanik*. Ulmer, Stuttgart.
- Jacquat C., Le Martinoli D. (1996) *Vitis vinifera* L.: wild or cultivated? Study of the grape pips found at Petra, Jordan, 150 B.C. – A.D. 40. *Vegetation History and Archaeobotany* 8, 25–30.
- Jereb O., Kondor A. (1996) *Erdőműveléstan III*. Dinasztia Kiadó, Budapest.
- K. Berzsényi B. (2000) A települési vegetáció keletkezése a régészeti-növénytani adatok alapján. In: Füleki Gy. (szerk.) *A táj változásai a Kárpát-medencében a történelmi események hatására*. Budapest-Gödöllő, 26–30.
- K. Berzsényi B., Dálnoki O. (2005) Plant Cultivation and Crop Processing at the Formative LBK Settlement of Szentgyörgyvölgy-Pityerdomb in Transdanubia (6th Millennium BC). *Antaeus* 28, 261–270.
- Kenéz Á. (2014) *Keszthely-Fenekpuszta római kori régészeti-növénytani leleteinek feldolgozása, különös tekintettel az egykori környezeti állapot jellemzésére*. Doktori értekezés. Szent István Egyetem Gödöllő, Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő.
- Kenéz Á., Pető Á., Grynaeus A. (2012) *Vác-Piac utca késő középkori régészeti lelőhely komplex archaeobotanikai értékelése*. Kutatási jelentés. Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ adattára: 2008-0089/7.
- Kenéz Á., Pető Á. (2013) Miről mesél egy ősi szeszfőzde? Kertek, gyümölcsösök, párlatok a középkorban. *A Földgömb* 2013/4, 66–72.
- Kenéz Á., Pető Á., Gyulai F. (2014) Evidence of ‘new glume wheat’ from the Late Neolithic (Copper Age) of southeastern Hungary (4th millennium cal B.C.). *Vegetation History and Archaeobotany* 23 (5), 551–566.
- Kenéz Á., Pető Á., Malatinszky Á. (2014) The first archaeobotanical evidence of *Dasypyrum villosum* in Hungary: an archaeophyte weed or a native grass? *Vegetation History and Archaeobotany* 23 (6), 841–849.
- Kenéz Á., Szabó M., Pető Á. (2015) Régészeti növénytani adatok Cserdi–Horgas-dűlőben fekvő római kori villa gazdaságtörténetéhez. *Archeometriai Műhely* XII (3), 205–220.
- Kenward H. K., Hall A. R., Jones A. K. G. (1980) A tested set of techniques for the extraction of plant and animal macrofossils from waterlogged archaeological deposits. *Science and Archaeology* 22, 3–15.
- Kirby K. J. (1992) Accumulation of deadwood - a missing ingredient in coppicing? In: Buckley G. P. (ed.) *Ecology and Management of Coppiced Woodlands*. Chapman and Hall, London, 99–112.
- Kreuz A. (1992) Charcoal from ten early Neolithic settlements in Central Europe and its interpretation in terms of woodland management and wildwood resources. *Bulletin de la Société botanique de France – Actualités botaniques* 139 (2–4), 383–394.
- Landolt E. (1977) *Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*. Geobotanisches Institut der ETH, Zürich.
- Linsbauer K. (Hrsg.) (1929) *Handbuch der Pflanzenanatomie*. Gebrüder Bonträger, Berlin.

- Livarda A. (2011) Spicing up life in northwestern Europe: exotic food plant imports in the Roman and medieval world. *Vegetation History and Archaeobotany* 20, 143–164.
- Mangafa M., Kotsakis K. (1996) A new method for the identification of wild and cultivated charred grape seeds. *Journal of Archaeological Science* 1996 (23), 409–418.
- McGraw D. J. (2003) Andrew Ellicott Douglass and the giant sequoias in the founding of dendrochronology. *Tree Ring Research* 59 (1), 21–27.
- Misra V. N., Kajale M. D. (eds) (2003) *Introduction of African Crops into South Asia*. ISPQS Monography Series 3. Indian Society for Prehistoric and Quaternary Studies.
- Molnár S., Peszlen I., Paukó A. (2007) *Faanatómia*. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- Morgós A. (2002) A dendrokronológiáról. *Isis: Erdélyi Magyar Restaurátor Füzetek* 2, 13–25.
- Murphy C., Thompson G., Fuller D. Q. (2013) Roman food refuse: urban archaeobotany in Pompeii, Regio VI, Insula 1. *Vegetation History and Archaeobotany* 22 (5), 409–419.
- Náfrádi K. (2011) *Régészeti lelőhelyek szennelt faanyagának határozása és értékelése a geoarcheológiai kutatásokban*. Doktori Értekezés, Szegedi Tudományegyetem Földtudományok Doktori Iskola, Földtani és Őslénytani Tanszék, Szeged.
- Neuweiler E. (1905) Die prähistorischen Pflanzenreste Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der schweizerischen Funde. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 50.
- Oeggl K., Koflera W., Schmidla A., Dickson J. H., Egarter-Vigl E., Gaberl O. (2007) The reconstruction of the last itinerary of “Ötzi”, the Neolithic Iceman, by pollen analyses from sequentially sampled gut extracts. *Quaternary Science Reviews* 26 (7–8), 853–861.
- Orrù M., Grillo O., Lovicu G., Venora G., Bacchetta G. (2013) Morphological characterisation of *Vitis vinifera* L. seeds by image analysis and comparison with archaeological remains. *Vegetation History and Archaeobotany* 22, 231–242.
- Pálóczi Horváth A. (1993) A környezeti régészet szerepe Magyarországon a középkor kutatásában. In: *R. Várkonyi Á., Kósa L. (szerk.) Európa híres kertje. Történeti ökológia tanulmányok Magyarországról*. Orpheusz Könyvkiadó, Budapest, 44–66.
- Pető Á., Kenéz Á., Tóth Z. (2017) Régészeti növénytan adatok a szarmaták mezőgazdaság- és táplálkozástörténeti kutatásához Hatvan–Baj-puszta és Apc–Farkas-major lelőhelyek alapján. *Archeometriai Műhely* XIV (2), 117–128.
- P. Hartyányi B., Nováki Gy. (1973–74) Növényi mag- és termésleletek Magyarországon az újkőkortól a XVIII. sz.-ig II. *Magyar Mezőgazdasági Múzeum Közleményei*, 23–73.
- P. Hartyányi B., Nováki Gy. (1975) Samen- und Fruchtfunde in Ungarn von der Jungsteinzeit bis zum 8. Jahrhundert. *Agrártörténeti Szemle* 17, 1–22.
- P. Hartyányi B., Nováki Gy., Patay Á. (1967–68) Növényi mag- és termésleletek Magyarországon az újkőkortól a XVIII. sz.-ig I. *Magyar Mezőgazdasági Múzeum Közleményei*, 5–85.
- Pieta K., Placha V. (1989) Getreide- und Brotfunde aus der Völkerwanderungszeit in Devin. *Slovenska Archeologia* 37 (1), 69–88.
- Pinke Gy., Pál R. (2005) *Gyomnövényeink eredete, termőhelye és védelme*. Alexandra, Budapest.
- Potts D. T., Reade W. J. (1993) New evidence for late third millennium linen from Tell Abraq, Umm Al-Qaiwain, UAE. *Paléorient* 19, 99–106.
- Rademacher B. (1968) Gedanken zur Fortentwicklung der Unkrautforschung und Unkrautbekämpfung. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* (Sonderheft) 4, 11–22.
- Radics L. (1998) *Gyommaghatározó*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Rapaics R. (1940) *A magyar gyümölcs*. Budapest.
- Rapaics R. (1943) *Termesztett növényeink eredete*. Kincsestár 89, Budapest.
- Renfrew J. M. (1966) A report on recent finds of carbonized cereals grains and seeds from prehistoric Thessaly. *Thessalika* 5, 21–36.

- Richter B. (1987) Mikroskopische Untersuchungen an Speiseresten. In: Suter P. J. (Hrsg.) *Zürich Kleiner Hafen. Tauchgrabungen 1981–1984*. Züricher Denkmalpflege (Monografien) 3, 180–184.
- Richter B. (1988) Mikroskopische Analyse vorgeschichtlicher Nahrungsreste. *Mikrokosmos* 77 (4), 112–116.
- Rivera D., Miralles B., Obón C., Carreño E., Palazón J. A. 2007. Multivariate analysis of *Vitis* subgenus *Vitis* seed morphology. *Vitis* 46 (4), 158–167.
- Rothmaler W. (1953) Probleme der Kulturpflanzengeschichte. *Beiträge zur Frühgeschichte der Landwirtschaft* 1, 83–93.
- Rottländer R. C. A. (1983) Chemische Analyse prähistorischer Gefässinhalte. In: *Enzyklopädie Naturwissenschaft und Technik 1983*. Monografien 3, 72–80.
- Rottländer R. C. A., Schlichtherle H. (1980) Gefässinhalte. Eine kurz kommentierte Bibliographie. *Naturwissenschaftliche Beiträge zur Archäologie. Archaeo-Physika* 7, 61–70.
- Rovner I., Gyulai F. (2007) Computer-Assisted Morphometry: A New Method for Assessing and Distinguishing Morphological Variation in Wild and Domestic Seed Populations. *Economic Botany* 61, 154–172.
- Sági K., Füzes M. (1966) A régészeti-növénytan alapelemei és néhány módszertani kérdése. *Múzeumi Módszertani Füzetek* 5, 71.
- Sági K., Füzes F. M. (1967) Régészeti és archaeobotanikai adatok a Pannoniai kontinuitás kérdéséhez. *Agrártörténeti Szemle* 9, 91.
- Scharrer-Liška G., Thanheiser U. (2007) Außergewöhnliche archäobotanische Funde aus Grab 34 des awarischen Gräberfeldes von Frohsdorf, NÖ. Bestimmung und Interpretationsmöglichkeiten. *VIA VIAS* 1, 26–31.
- Schellenberg H. C. (1908) Wheat and barley from the North Kurgan, Anau. In: Pumpelly R. (ed.) *Explorations in Turkestan*. Vol. 3, 471–473.
- Schermann Sz. (1966) *Magismeret* I-II. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Schiemann E. (1932) *Entstehung der Kulturpflanzen*. Handbuch der Vererbungswissenschaften 3.
- Schoch W., Heller I., Schweingruber F. H., Kienast F. (2004) *Wood anatomy of Central European species*. Online version: www.woodanatomy.ch (utolsó megtekintés 2011. december 15.)
- Schwanitz F. (1973) *A kultúrnövények keletkezése; az egész növényvilág evolúciós modellje*. Budapest.
- Schweinfurt G. (1884) Über Pflanzenreste aus altägyptischen Gräbern. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 2, 351–371.
- Schweingruber F. H. (1990) *Microscopic Wood Anatomy – Structural variability of stems and twigs in recent and subfossil woods from Central Europe*. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmensdorf.
- Schweingruber F. H. (1993) *Trees and Wood in Dendrochronology*. Springer-Verlag, Berlin.
- Schweingruber F. H. (1996) *Tree Rings and Environment. Dendroecology*. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt.
- Simon T. (2000) *A magyarországi edényes flóra határozója. Harasztok – virágos növények*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Simpson T. L., Volcani B. (eds.): (1981) *Silicon and Siliceous Structures in Biological Systems*. Springer-Verlag, New York.
- Stummer A. (1911) Zur Urgeschichte der Rebe und des Weinbaues. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien* 41, 283–296.
- Surányi B. (2002) Tájfajták a Kárpát-medencében (XVIII. sz. – 1950). (Agrártörténeti vázlat a népi növénynevesítésről). *Agrártörténeti Szemle* 2002, 321–406.
- Surányi D. (1985) *Kerti növények regénye*. Budapest.
- Surányi D. (2006a) Babos Károly (1938–2005). *Botanikai Közlemények* 93 (1–2), 5–15.

- Surányi D. (2011) Ecological fruit growing in changing of growing regions and districts. *Tájökológiai Lapok* 9 (2), 321–343.
- Szabó P. (2005) *Woodland and Forests in Medieval Hungary*. British Archaeological Reports, Archaeolingua Central European Series 2.
- Szabó P. (2008) Erdők és erdőgazdálkodás a középkori Magyarországon. In: Kubinyi A., Laszlovszky J., Szabó P. (eds) *Gazdaság és gazdálkodás a középkori Magyarországon: gazdaságtörténet, anyagi kultúra, régészet*. Budapest, 317–339.
- Szabó Z. (2006) *A sárgadinnye (Cucumis melo) archeogenetikája, ITS- és SSR-heterogenitása egy 15. századi lelettől a mai fajtáig*. PhD Disszertáció. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- Szabó Z., Gyulai G., Horváth L., Bittsánszky A., Szani Sz., Lágler R. Kiss J., Gyulai F., Holly L., Heszky L. (2005) Genetic diversity of Hungarian melon landraces (*C. melo*) compared to an extinct sample from the Middle Ages. *Hungarian Agricultural Research* 2, 18–22.
- Szabó Z., Gyulai G., Humphreys M., Horváth L., Bittsánszky A., Lágler R., Gyulai F., Dane F., Heszky L. (2005) Genetic variation of melon (*Cucumis melo*) compared to an extinct landrace from the Middle Ages (Hungary). *Euphytica* 146 (1–2), 87–94.
- Szabó Z., Gyulai G., Tóth Z., Heszky L. (2007) SNP elemzés az rDNS ITS1-5.8S-ITS2 lokuszán mai és középkori sárgadinnyében (*Cucumis melo*). *Agrártudományi Közlemények* 27, 120–124.
- Tagányi K. (1896) *Magyar Erdészeti Oklevéltár I-III*. Budapest.
- Tempír Z. (1966) Výsledky paleobotanického studia pěstování zemědělských rostlin na území ČSSR. *Vědecké Práce Československý Zemědělský Muzeum* 4, 27–144.
- Terpó A. (1976) The carpological examination of wild-growing vine species of Hungary. I. *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 22, 209–247.
- Terpó A. (1977) The carpological examination of wild-growing vine species of Hungary. II. Qualitative and quantitative characteristics of vine seeds. *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae* 23, 247–273.
- Terpó A. (1999) A táj kultúr- és spontán vegetációjának modernizálódási jellemői. In: Füleky Gy. (szerk.) *A táj változásai a Kárpát-medencében*. Gödöllő, 45–50.
- Terral J.-F., Tabard T., Bouby L., Ivorra S., Pastor T., Figueiral I., Picq S., Chevance J.-B., Jung C., Fabre L., Tardy C., Compan M., Bacilieri R., Lacombe T., This P. (2010) Evolution and history of grapevine (*Vitis vinifera*) under domestication: new morphometric perspectives to understand seed domestication. *Annals of Botany* 105, 443–455.
- Théry-Parisot I., Chabal L., Chrzavzez J. (2010) Anthracology and taphonomy, from wood gathering to charcoal analysis. A review of the taphonomic processes modifying charcoal assemblages, in archaeological contexts. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 291 (1–2), 142–153.
- Torma A. (1994) *Szécsény kertgazdálkodása a 16–17. században az archaeobotanikai vizsgálatok tükrében*. Szakdolgozat. Janus Pannonius Tudományegyetem, Pécs.
- Torma A. (1996) Szentkirály archaeobotanikai leletei. Élet egy középkori faluban. In: *25 év régészeti kutatása a 900 éves Szentkirályon*. Kiállításvezető. Budapest, 37–43.
- Tóth Z., Gyulai G., Szabó Z., Horváth L., Gyulai F., Heszky L. (2007) Az nSSR és cpDNS lokuszok evolúciója a görögdinnyében (*Citrullus* sp.). *Agrártudományi Közlemények* 27, 125–134.
- Tóth E. (2003) Fenékpusztá Fortress. In: Visy Zs. (ed.) *The Roman Army in Pannonia. An archaeological Guide of The Ripa Pannonica*. Teleki László Foundation, Budapest, 188–189.
- Tóth Z., Gyulai G., Szabó Z., Horváth L., Heszky L. (2007) Watermelon (*Citrullus l. lanatus*) production in Hungary from the Middle Ages (13th century). *Hungarian Agricultural Research* 4, 14–19.
- Udvardy L. (2000) Archaikus gabonagyomjaink mint dísznövények. In: Gyulai F. (szerk.) *Az agrobiodiverzitás megőrzése és hasznosítása*. Tápiószele, 415–418.

- Unger F. (1851) Über die in Salzberge zu Hallstatt in Salzkammergute vorkommenden Pflanzentrümmer. *Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien*, 148–156.
- Unger F. (1862) Botanische Streifzüge auf dem Gebiete der Culturgeschichte. Inhalt eines alten ägyptischen Ziegels an organischen Körpern. Sitzungber. *Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien* 45, 75–88.
- van Breemen N., Finlay R., Lundström U., Jongmans A. G., Giesler R., Olsson M. (2000) Mycorrhizal weathering: A true case of mineral plant nutrition? *Biogeochemistry* 49, 53–67.
- Varga Zs. (2009) *Régi Tokaj-hegyaljai fajták termesztési értékeinek és rokonsági viszonyainak vizsgálata*. PhD értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.
- Währen M. (1984) Brote und Getreidebrei von Twann aus dem 4. Jahrtausend vor Christus. *Archäologie der Schweiz* 7 (1), 2–6.
- Währen M. (1987) Das Brot in der Bronzezeit und älteren Vorrömischen Eisenzeit nördlich der Alpen unter besonderer Berücksichtigung von Brotfunden aus Kreisgrabenfriedhöfen des Münsterlandes. *AFWL Ausgrabungen und Funde in Westfalen-Lippe* 5, 23–71.
- Währen M. (1988) Jungsteinzeitliche Speisereste aus dem Kanton Freiburg. *Archéologie Fribourgeoise*, 85–95.
- Währen M. (1989) Brot und Gebäck von der Jungsteinzeit bis zur Römerzeit. *Helvetia Archaeologica* 20, 82–116.
- Wellmann I., Mándy Gy., Mesch J. (1963) Száznegyven esztendős búzakarász-lelet. *Agrártörténeti Szemle* 1963/4, 1–43.
- Willcox G. (1999) Charcoal analysis and Holocene vegetation history in southern Syria. *Quaternary Science Reviews* 18, 711–176.
- Willerding U. (1970) Vor- und frühgeschichtliche Kulturpflanzenfunde in Mitteleuropa. *Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen* 5, 287–375.
- Willerding U. (1979) Palaeo-Ethnobotanische Untersuchungen über die Entwicklung von Pflanzengesellschaften. In: Wilmanns O., Tüxen R. (eds) *Werden und Vergehen von Pflanzengesellschaften*. J Cramer, Vaduz, 61–109.
- Willerding U. (1983a) Paläo-ethnobotanische Befunde und schriftliche sowie ikonographische Zeugnisse in Zentraleuropa. *Plants and Ancient Man. Studies in Palaeoethnobotany* 5, 75–88.
- Willerding U. (1983b) Zum ältesten Ackerbau in Niedersachsen. In: *Frühe Bauernkultur in Niedersachsen*. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland Beiheft 1, 179–219. Oldenburg.
- Willerding U. (1986) *Zur Geschichte der Unkräuter Mitteleuropas*, Neumünster.
- Willerding U. (1988) Zur Entwicklung von Ackerunkrautgesellschaften im Zeitraum vom Neolithikum bis in die Neuzeit. In: Küster H. (Hrsg.): *Der prähistorische Mensch und seine Umwelt: Festschrift Udelgard Körber-Grohne zum 65. Geburtstag*. Stuttgart, 31–41.
- Wittmack L. (1890) Samen aus den Ruinen von Hissarlik. *Zeitschrift für Ethnologie* 22, 614–620.
- Wittmack L. (1903) Die in Pompeji gefundenen pflanzlichen Reste. *Gertenflora*, 114–150.
- Zech-Matterne V. (2010) The introduction of a new weed in Northern France during the Roman period: identification of *Myragrum perfoliatum* in several sites of the Champagne, Lorraine and Ile-de-France regions. In: Bakels C., Fennema K., Out W. A., Vermeeren C. (eds) *Van Planten en Slakken / of Plants and Snails. A collection of papers presented to W. Kuijper in gratitude for forty years of teaching and identifying*. Sidestone Press, Leiden, 271–279.

II. MIKRO-ARCHAEOBOTANIKA

Régészeti lelőhelyekről feltárható mikroszkopikus méretű szerves és szervetlen növényi maradványok interdiszciplináris értékelése

Pető Ákos, Lisztes-Szabó Zsuzsa, Molnár Marianna

A MIKRO-ARCHAEOBOTANIKAI KUTATÁS TÁRGYA, KIALAKULÁSA ÉS HELYE A TUDOMÁNYOK RENDSZERÉBEN

A klasszikusnak tekinthető és gyakran alkalmazott meghatározás szerint a régészeti növénytan mint egységes diszciplína a régészeti lelőhelyekről előkerülő növényi maradványok meghatározásával és értelmezésével foglalkozik. Általános célja, hogy az egykoron élt emberi populációk és a növények (tehát az ember és növény, illetve ember és környezete) vonatkozásában kölcsönhatásokat, hasznosítási formákat, illetve antropogén hatásokat tárjon fel. Mind a diszciplína általános meghatározása, mind célja magában foglalja a makroszkopikus méretű, valamint a mikroszkópi mérettartományba eső növényi maradványok vizsgálatát (részletesen lásd *Bevezető*). Ebben a tekintetben tehát a mikro-archaeobotanika a régészeti növénytan azon ága, amely a régészeti lelőhelyen vagy ahhoz kapcsolódóan feltárt mikroszkopikus méretű növényi maradványok meghatározásával és értelmezésével foglalkozik. A mikro-archaeobotanika tárgykörébe minden olyan növényi maradvány besorolható, amely régészeti kontextusból előkerülve felhasználható az ember-növény, ember-környezet kapcsolatok értelmezéséhez. A pusztán kémiai módszerekkel tanulmányozható, csak molekuláris szinten nyomot hagyó növényi jelenlét már nem a klasszikusan értelmezett archaeobotanika tárgya, ezek a módszerek átmenetet képeznek a mikro-archaeobotanika, illetve a régészeti kémia között. Természetesen ezek a határok megegyezés alapján húzhatók meg, és mivel már az „anyatudomány” – a régészeti növénytan vagy archaeobotanika – is inter-, illetve multidiszciplináris, ezért a mikroszkopikus, illetve molekuláris maradványokkal foglalkozó területek is azok. Jellegükből adódóan nehéz természetesen fakadó módszertani vagy a kutatás tárgyában megvalósuló határvonalat húzni, éppen ezért az elválasztás jelen esetben „mesterséges”.

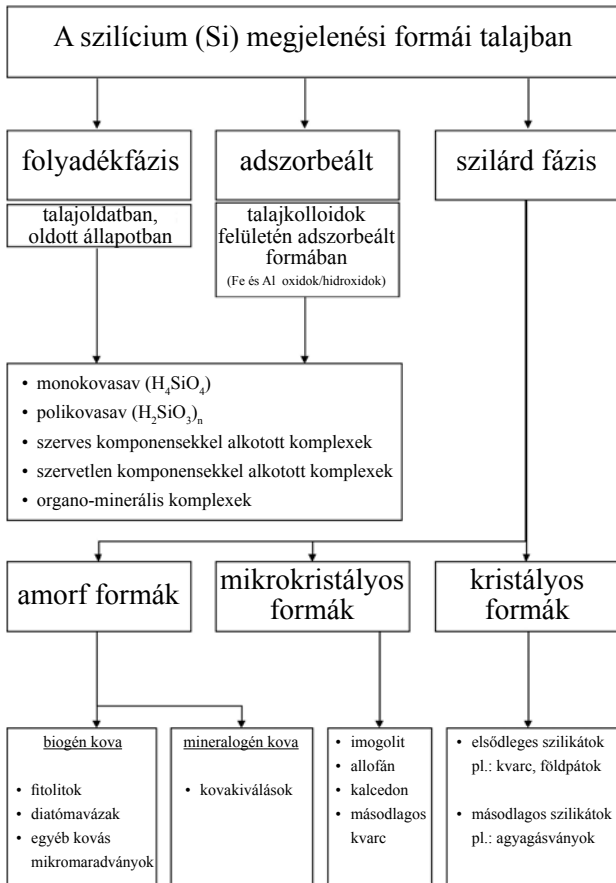
Ebben a kézikönyvben a mikro-archaeobotanika tárgyaként azokat a mikroszkopikus maradványokat tárgyaljuk, amelyek mint régészeti növénytan módszer már meggyökeresedtek az interdiszciplináris régészeti kutatásokban, és értelmezési keretük a módszertani alapok régóta tartó fejlesztése miatt beilleszthető a régészeti következtetésekbe, illetve összeegyeztethető azokkal. Ebben a fejezetben részletesen a növényi opálszemcsék (*syn.* fitolit), a virágporszemcsék (*syn.* pollen), illetve a keményítőszemcsék témakörét tárgyaljuk a régészeti növénytan céljainak és alkalmazásának szemszögéből.

A növényi opálszemcsék kutatásának történetét hosszú ideig fogalmi és definícióbeli következtetlenségek tarkították, amíg meg nem született az az egzakt meghatározás, amely ma a 'fitolit' kifejezés által jelölt természeti jelenséget takarja.

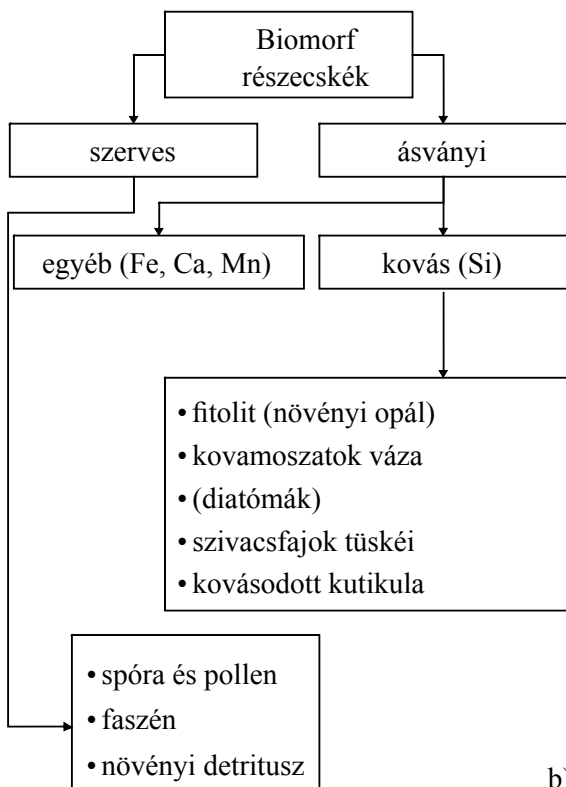
A fitolitok (*syn.*: növényi kristály, növényi opál, kovás sejt, fűopál, biogén opál, opálfitolit, szilíciumdioxidos fitolit) az élő növény intra- és intercellulárisaiban kiválasztott, hidratált szilíciumdioxidból felépülő testek, amelyek a növényi szerves anyag elbomlása után szabadulnak fel a növényi szövetből. Képződésük elsősorban a talajban hozzáférhető és oldott formában jelenlevő monokovászav $[\text{Si}(\text{OH})_4]$ (56. ábra) koncentrációjától, a klimatikus viszonyoktól és az adott növény szilíciumakkumulációs affinitásától függ.

Fitolitnak csak a növényekben előforduló, hidratált, amorf, polimerizált kovászavból ($\text{SiO}_2 \cdot x \text{nH}_2\text{O}$) felépülő formált testeket nevezik, az egyéb növényi sejtzárványokat, mint például az oly gyakori kalcium-oxalátot, nem sorolják ide. Az említett exkrétum öskörnyezeti jelentőségét az irodalom részletekbe menően tárgyalja, mindazonáltal a kalcium-oxalát anyagi jellemzői miatt ezek a részecskék kevésbé sikeresen alkalmazhatók a múlt növényzeti képének rekonstruálásában. Tágabb értelemben a szóban forgó növényi opálszemcsék ún. 'biolit'-ok vagy 'biogén kovászav' származékok. Azonban ezek az elnevezések minden talajból kimutatható, növényi és állati szervezetből származó szerves, szilíciumból felépülő anyagra érvényesek, így például a szivacsüstüskékre és a diatómavázakra is.

A biogén kova olyan biológiai eredetű, optikailag izotróp, színtelen, halványbarna vagy átlátszatlan anyag, amelynek fajsúlya 1,5-től 2,3-ig terjed. A fitolitokat felépítő hidratált, nem kristályos szilíciumdioxid 4–9% kristályvizet tartalmaz. Jelentős mennyiségben fordulhatnak elő kemoszorpció, okklúzió és egyéb kémiai beoldódással felgyülemlett anyagok az opálestekben. Ezek közül a legfontosabbak az alumínium (Al), a vas (Fe), a nikkel (Ni), a mangán (Mn), a foszfor (P), a réz (Cu), a nitrogén (N) és a szén (C).



a)



b)

56. ábra. a) A talajban előforduló Si-formák osztályozása és (b) a talaj biológiai eredetű mikromaradványainak morfogenetikus felosztása

Régészeti lelőhelyeken a szervetlen anyagból felépülő fitolitok mellett szerves anyagból felépülő virágporszemcsék, azaz pollenek, illetve keményítőszemcsék is gyakran kerülnek feltárássra. A szerves anyagból álló növényi mikromaradványok tanulmányozása a fitolitokétól módszertanilag eltérő. Az általános meghatározás szerint a pollenek a magvas növények hímivar-sejteit tartalmazó képletek, melyek a megporzásban jelentős szerepet játszanak. Nagy mennyiségben értelmezve a pollenszákban termelődött finom por, bioaeroszol. A keményítőszemcsék amilózból és amilopektinből koncentrikusan felépülő mikroszkopikus növényi termékek, amelyek morfológiai tulajdonságai taxonspecifikusak és az egyes növénytaxonokban eltérő helyen termelődhetnek (pl. termések, gyökér stb.).

Az említett mikromaradványok régészeti növénytani értelmezéséhez mindenképpen szükséges ismerni képződési, anyagtulajdonságbeli különbözőségeiket, hiszen ezek kihatással vannak mind a terepen, mind a laborban alkalmazandó módszerekre, a maradványok felhalmozódási jellegére és tafonómiájára.

Az a jelenség, hogy a növényi opálszemcsék szervetlen anyagból épülnek fel, jelent bizonyos előnyöket a szerves anyagú maradványokkal szemben. A szerves mikroszkopikus (v.ö.: pollen, keményítőszemcsék, mikrofaszén-maradványok stb.) és makroszkopikus (v.ö.: magok, szenült növényi maradványok stb.) fossziliákkal szembeni előnyük, hogy a növényi szövetből való feltárást követően hosszán fennmaradnak a befoglaló közegben, és extrém körülmények között is épen, képződésüknek megfelelő formában, textúrával, illetve mintázattal tárható fel. Mindezen tulajdonságaik okán ún. limitált (ős)környezeti paraméterek mellett is sikeresen alkalmazhatók paleoökológiai és környezetregészeti kutatásokban. Azonban a növényi opálszemcsék nem akkor kerülnek ki a környezetbe, amikor anatómiailag elérték teljesen kifejlett állapotukat, azaz sok esetben nem diagnosztikus, tehát nem meghatározható fitolit kerül a talajba, üledékekbe a növényi szövetek elbomlásával. Ezzel szemben az esetek túlnyomó részében a növény akkor „engedi el” a virágporszemcséit, amikor az maturus állapotba került.

Az egyes mikro-archaeobotanikai elemzésmódo- dok előnyeinek és hátrányainak ismerete és értékelése nélkül nehéz érdemben felelős döntést hozni, annak akár öskörnyezeti, akár régészeti növénytani kutatásokban való alkalmazásáról (57. ábra). A fitolitelemzés egyik, talán legnagyobb hátránya, hogy

Fitolit	
pro	contra
<ul style="list-style-type: none"> – szervesetlen – minimális szétterjedés (lokális környezeti szignál) – minimális mintaszennyeződés – tartós fennmaradás szélsőséges környezeti feltételek mellett is – könnyű kezelhetőség 	<ul style="list-style-type: none"> – taxonspecifikusság – korrózió – referenciakollekciók szűk köre – hosszadalmas laborálás, laborinfrastruktúra-igény
Pollen	
pro	contra
<ul style="list-style-type: none"> – taxon- és fajspecifikusság – jó megtartás reduktív környezetben (tafonómiai előnyök) – referenciakollekciók és határozók széles köre 	<ul style="list-style-type: none"> – szerves – mintaszennyeződés – hosszadalmas laborálás, laborinfrastruktúra-igény – bonyolult mintakezelés

57. ábra. A fitolit- és pollenelemzés módszertani és értelmezési keretének összehasonlítása

elmélyült és körültekintő munkát igényel olyan referenciakollekciók kialakítása, felépítése (legyenek azok növénytani, talajtani, vagy módszertani jellegűek), amelyek alkalmazásával megfelelően interpretálhatók a feltárt morfortípusok. Ilyen összehasonlító gyűjtemények már jellemzően rendelkezésre állnak pollenek és keményítőszemcsék tekintetében a Föld számos régiójára nézve. Ellentétben a pollennel, a fitolitok és a keményítőszemcsék 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 hátránnyként jelentkezik, hiszen mikrokörnyezeti vonatkozásban könnyen lehet biztos és használható adatot nyerni, viszont nagyobb területek környezetrekonstrukciójához több mintavételi pont, nagyobb mintaszám szükséges.

A FITOLITKUTATÁS FEJLŐDÉSÉNEK RÖVID TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE¹

Egy elfogadott felosztás szerint a fitolitkutatás közel két évszázados történelme négy nagy korszakra osztható. A felfedezés és felderítés 1835-től az 1900-as évek kezdetéig tartó korszakában fedezték fel és írták le először a növényi opálszemcséket. Az 1895-től 1936-ig jegyzett második növénytani korszakban, amikor a kutatások központja Németország volt, a korabeli tudományos világ végérvényesen elfogadta, hogy az opálszemcsék a növényi életműködés produktumai. A talajtani és növénytani módszerek alkalmazásával kiegészített (archaeo)botanikai kutatások megindulása jellemzi az ökológiai-botanikai jellegű kutatások korszakát, a harmadik korszakot, amelyet az 1950-es évek közepétől datálnak. Ebben az időszakban használták fel először az addig elért eredményeket és kifejlesztett módszereket történeti ökológiai kutatásokhoz az észak-amerikai kontinensen. Részben ennek a korszaknak az eredményein ereszt gyökeret a régészeti jellegű fitolitkutatások modern korszaka, a negyedik korszak, amelynek kezdetét az 1970-es évek közepétől számítják.

Darwin és Ehrenberg – egy gyümölcsöző tudományos együttműködés

A fitolitkutatás történetének kezdetét G. A. Struve német tudós 1835-ös, *De silica in plantis nonnullis* című doktori disszertációjától számíthatjuk. Struve elsőként számolt be írott formában és kísérelt meg szisztematikus leírást adni a növényekben megfigyelt szilíciumos részecskékről. Kutatásait a Berlieni Egyetemre

¹ Ezt a fejezetet Pető Á. (2009) A növényi opálszemcsék kutatásának rövid tudománytörténeti áttekintése a felfedésétől napjainkig. *Tájökológiai Lapok* 7(1): 39–63. c. tanulmány alapján adjuk közre.

benyújtott tézisében foglalta össze, de a „fitolitok atyjának” mégsem őt, hanem a Delitzsch városában 1795-ben született honfitársát, Christian Gottfried Ehrenberget (1795–1876) tekintik. A történelem fintora, hogy ugyan Struve növényi szövetben figyelte meg az „első” opálszemcséket, amelyekről értekezését írta, mégis jó pár évnek kellett eltelnie, mire Ehrenberg kutatásai nyomán a kor tudósai bizonyítottak érezték, hogy a fitolitok valóban növényekből származnak, és növényi szövetekből feltáródva akkumulálódnak talajokban és egyéb geológiai médiumokban. Ennek a tévhitnek az alapja az volt, hogy Ehrenberg eleinte az utazásai során összegyűjtött mélytengeri és szárazföldi üledék és szélhordta por mintáit vizsgálva nem foglalkozott mélyrehatóan a növényi opálszemcsék származásával, keletkezésével. Figyelme csak később, egy kezdetleges osztályozási rendszer megalkotása után fordult a szilíciumtestecskek eredetének tisztázása felé.

A saját korszakában megbecsült porosz tudós a tudományok történetének tragikus, ellentmondásos és sok tekintetben mellőzött alakja, aminek egyik magyarázata, hogy a darwini tanokat tagadva sziklaszilárdan hitt a mikroszkopikus életformák bonyolult testszerveződésében. Ennek ellenére ma már több tudományterület (aerobiológia, geomikrobiológia, neurobiológia stb.) is neki tulajdonítja a diszciplína fejlődésének kezdeti lépéseit. Emellett elorozhatatlan érdeme a „Föld mint élő és egységes entitás” elméletének kidolgozása is. Az Ehrenberg által megalkotott *phytolitharia* kifejezésből származtatjuk a mai is használatos „fitolit” (angolul „phytolith”) kifejezéseket. A szó etimológiailag az ógörög „növény” és „kő”, azaz „növényi kő” jelentésre vezethető vissza, amely szóösszetétel megfelelően tükrözi a növényi szövetekben képződő opálszemcsék szeretlen voltát.

CHRISTIAN GOTTFRIED EHRENBURG

(1795. április 19., Delitzsch –
1876. június 27., Berlin)

Német származású biológus, mikroszkópus, tudományos felfedező és a mikro-paleontológia megalapítója.

A Lipcse melletti kisvárosban napvilágot látott Ehrenberg apja akarátának megfelelően először teológiát, majd medicinát tanult, mielőtt érdeklődése a természettudományok felé fordult. Legelső, tragikus kimenetelű utazását Heinrich Menu von Minutoli (1772–1846) gróf kísérőjeként tette a Közel-Keleten (1820–1826), amelyre egyetemi barátjával, Wilhelm Friedrich Hemprich-hel (1796–1825) indultak egy korábban füstbe ment madagaszkári gyűjtőút helyett. A viszontagságos és nélkülözésekkel teli, több mint öt teljes évet felölelő kalandozásnak Arábiában, Egyiptomban és Núbiában a mindössze 29 éves Hemprich halála vetett véget. Miután a tifuszban elhunyt Hemprichet a Vörös-tenger egyik szigetén nyugalomra helyezte, Ehrenberg visszaindult Európába, hogy leltárba vegye az öt év alatt felgyülemlett és hazaküldött gyűjteményét. A kollekciója ekkor már közel 34 000 állattani (3987 faj), 46 000 botanikai (4000 faj) mintára és több mint 300 kőzetre rúgott, ami régé-



szeti és etnográfiai leletekkel egészült ki. Mindemellett számtalan földrajzi és földtani térkép, illetve vázlat került a berlini székhelyű Porosz Királyi Tudományos Akadémia tulajdonába. A fiatalon elhunyt utazó és természettudós, Hemprich nevét több állatfaj tudományos neve őrzi, amelyek közül az egyik legérdekesebb az egykoron borostyánba zárva megtalált álskorpiófaj, a *Pseudogarypus hemprichii*. A von Minutoli-féle afrosínai utazás lezárása három könyvben történt meg, amelyből kettőt – Darwin hasonló ihletésű és nevét híressé tevő műveit megelőzve – a korallzátonyok fejlődéséről és élőlényeiről írt Ehrenberg.

Később a kor híres természettudósa és felfedezője, Alexander von Humboldt (1769–1859) társaként számos utazást tett újra a Közel-Keleten, illetve az orosz cár anyagi és szellemi támogatását élvezve Kelet-Oroszország és Kína határvidékein (1829–1830). Ezekről a gyűjtőutakról szintén víz-, talaj-, üledék-, szélhordta por- és kőzetmintákkal megrakodva tért haza. Munkásságának eredménye a természettudományok területén tett számos megfigyelés és új fajok leírása. Mindazonáltal a mikroszkópi világban tett „utazásai” tették igazán híressé és elfogadottá. A mikroszkópi világgal 1827-es professzori kinevezése után, fordulópontot jelentő ázsiai utazásából hazatérően kezdett el mélyrehatóan foglalkozni. Ennek az elhatározásának az eredménye, hogy szisztematikus kutatásokba kezdett a növényi opálszemcsék területén is.

Ehrenberg kezdeti feltételezése, amely szerint a növényekben megtalált kovaszemcséket a növények testében élő, de a gazdaszervezettől független mikroorganizmusok termelik, arra vezérelte őt, hogy a Carl von Linné (1707–1778) által korábban megalkotott binominális nomenklaturát használva osztályozza a megfigyelt kovalemezskéket. Később, 1866-ban ráébredt korábbi feltételezésének helytelenségére, de osztályozási rendszerének alapjait nem változtatta meg. Élete során összesen 90 „fitolitfajt” írt le. 1837-től a Londoni Geológiai Társaság tagjává választották, így munkásságát nemcsak a Porosz Királyi Tudományos Akadémiának benyújtott jelentéseiből, hanem a társaság folyóiratainak lapjairól is megismerhetjük.

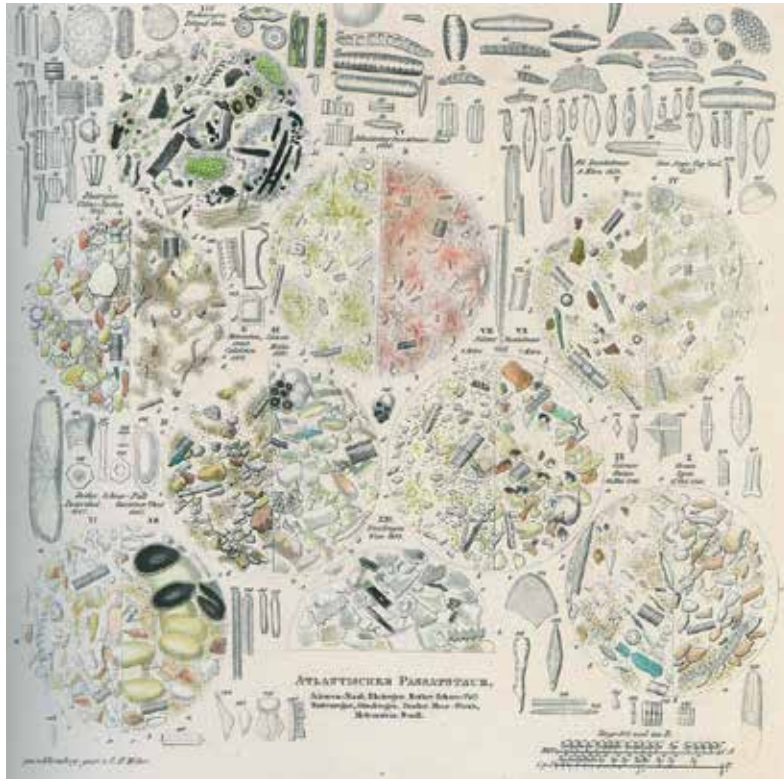
Egy 1841-es jelentésében hetven, dél- és észak-amerikai üledékmintákból meghatározott mikroorganizmusról számolt be. 1845-ben közzétett elemzése egyes észak-európai folyótorkolatok üledékeinek mikrovilágát mutatja be, míg 1846-ban megjelent cikkének már a címében is említi a fitolit kifejezést a korabeli *phytolitharia* megnevezést használva. Említésre méltó egyik 1851-es munkája, amelyben oroszországi útja során gyűjtött csernozjom (tchornoj zem) talajminták elemzésén keresztül kezdetleges ökoszisztémái rekonstrukciós munkát végzett el. A vízborította területéről származó talajmintákban megtalált és meghatározott 22 „nem-vízi phytolitharia” részecske alapján vont le azt a következtetést, hogy a vizsgálat tárgyát képező „talaj egy ősi erdő törmelékén képződött”, és nem a jelenkori vízi környezet eredményeképpen fejlődött.

Ahogy fentebb kitértünk rá, számos publikáció látott napvilágot Ehrenberg tollából 1841 és 1854 között. Ebben az időszakban született meg két legfontosabb műve, a berlini Porosz Királyi Tudományos Akadémia által megjelentett „Passatstaub und Blutregen” című tanulmány (1849), amelynek címét a líbiai partokon mentén örvénylő és véresőhöz hasonlító vörös afrikai homok képe ihlette, valamint a *Mikrogeologie* című monográfia (1854), amelynek sikere szintén hozzájárult hírneve öregbítéséhez.

A földtan mikroszkópi világát bemutató nagy összefoglaló művében adta közre az 1830-as években elkezdett osztályozási munkájának teljes változatát. A könyv 41 színes rézmetszeten mutatja be az általa megfigyelt és meghatározott mikrofosziliákat (58. ábra). Osztályozási rendszere a *Foraminifera* (Likacsosházúak), *Protozoa* (Állati egyséjtűek) és *Coelenterata* (Úrbélűek) taxonokból vonultat fel fajokat, amelyeket azonban növényi elemek is kiegészítenek. A *phytolithariáknak* elnevezett növényi eredetű mikrofosziliákat négy paranemzetségbe sorolta. Mesterséges rendszerében, amelyre a para- előtag utal, három nemet a pázsitfűfélék családjának (Poaceae), egyet pedig a zsurlófélék családjának (Equisetaceae) szentelt.

Ehrenberg kutatásai során felismerte, hogy a fitolitok növényekből származnak, és megsejtette, hogy morfológiájuk összefüggést mutat az anyanövény anatómiájával és rendszertani helyével. Munkásságának mértéktartó mivoltát mutatja, hogy saját rendszerét mesterségesnek tekintette, így fogalmazva meg kétegyeit az egyértelmű megfeleltetést illetően a növényfaj vagy taxon és az üledékekből, talajokból visszanyerhető mikrofosziliák kapcsolatában. Amellett, hogy a Porosz Tudományos Akadémia örökös titkára, majd a később Humboldt Egyetemként ismert Berlini Egyetem Orvostudományi Karának dékánja, illetve az egyetem rektora lett, a mikroszkópi világ feltárásában tett erőfeszítéseit és érdemeit elismerendő, elsőként vehette át 1857-ben az Amszterdami Tudományos Akadémia által adományozott Leeuwenhoek medált, 1842-ben pedig a Porosz Királyság legrangosabb katonai érdemrendjének számító Pour le Merit keresztet. A francia Georges Cuvier (1773–1838) az alábbi kijelentéssel méltatta a német tudós munkásságát: „Felfedezései teljességgel megváltoztatják elképzeléseinket, és különösen felforgatnak egyes rendszereket; így azok közül valók, amelyek korszakokat nyitnak a tudomány történetében.”

A természettudományok történetének egy másik prominens személye is felbukkan a növényi opál szemcsék felfedezésének korai szakaszában. Az említett tudós Charles Robert Darwin (1809–1882), aki utazásai során több alkalommal levegőből fátolszöveten át megszűrte a port gyűjtött. Az Afrika keleti partvidékének tengerein gyűjtött anyag tulajdonságáról megtudhatjuk, hogy „végtelenül finoman szemcsézett; vörösesbarna, és savval nem pezseg fel” (v.ö.: Ehrenberg: Passatstaub und Blutregen). Érdeklődését az keltette fel, hogy a szélhordta üledék finom sérülésnyomokat hagyott a hajó csillagászati-optikai eszközein, amikor 1831 januárjában a Zöld-foki-szigetek közelében horgonyoztak. Elbeszélése szerint sokszor még egy negyed teáskanálnyit sem tett ki az a mennyiség, amelyet összegyűjtöttek, de ennek ellenére „nyomo-



58. ábra. Az *Atlantischer Passatstaub* c. színes rézmetszet a *Mikrogeologie* című monográfiából. Az egyes részecskék metszetei, mint mindig, 300x-os nagyítással készültek, és sok egyéb phytolitharia mellett tartalmazzák a Zöld-foki-szigeteken gyűjtött porból feltárt növényi opálszemcséket is (v.ö. IV. sz. jobb felső körcikk)

zásba” kezdett. A tengeri porviharok korabeli irodalma szerteágazó, és még maga Darwin is megemlíti – a fentiekkel ellentétben – olyan alkalmat, amikor „az egész fedélzet piszkos lett”, és a porhullás „az emberi szem egészségét is veszélyeztető méreteket öltött”. Az Ehrenberg professzornak átadott öt tasaknyi eolikus por vizsgálati eredményeiről így ír Darwin a Londoni Geológiai Társaság beszámolójának hasábjain: „Ehrenberg professzor megvizsgálta a James hadnagy és általam gyűjtött port, és arra az eredményre jutott, hogy jelentékeny része Infusoria, és nem kevesebb, mint 67 különböző formát rejt magában. Ez 32 kovapajzsos Polygastrica fajból, 34 Phytolitharia vagy kovásodott növényi szövetformából és egy Polythalmiá-ból tevődik össze”. Érdeklődésre tart igény a szerzőnek az a mondata is, hogy „az Infusoriák mind régóta ismert fajok, kivéve egyet, amelyet egy magyar fossziliával lehet kapcsolatba hozni; és mind édesvízi eredetű, kivéve kettőt (*Grammatophora oceanica* és *Textilaria globulosa*), amelyek minden bizonnyal tengeriek”. Sajnos további utalás hazánk rejtelmes mikrofossziliájára nem található Darwin beszámolójában. Utazásait összefoglaló művének I. fejezetében felhívja a figyelmet arra az ellentmondásra, hogy meteorológiai szempontból ugyan bizonyítottan látja a szélhordta por afrikai eredetét, ugyanakkor Ehrenberg, az afrikai kontinensre jellemző Infusoria fajok tudósa és jó ismerője nem tudott a fekete kontinensen honos fajokat meghatározni az általa átadott eolikus porban, sőt némely faj kifejezetten a dél-amerikai kontinens vidékeiről volt csak ismeretes.

A korszak két nagy természettudósának kapcsolata és munkásságuk összefonódása figyelemre méltó eredményekkel gazdagította az addigi természettudományos ismereteket, annak ellenére is, hogy Ehrenberg – hasonlóan sok kortársához igazgatója tagadta az evolúcióról és a fajok eredetéről alkotott darwini tanokat, amelyekről így nyilatkozott: „a geológiai idők mikrobiotáinak elképesztő stabilitását látva nem tudok megbarátkozni Darwin elméletével”.

ZÓLYOMI BÁLINT

(1908–1997)

Akadémikus, sziklagyepek, tőzegmohalápok és a Kárpát-medencei vegetációtörténet kutatásának úttörője, megteremtője.



Zólyomi Bálint életútja szerencsésen indult, hiszen természettudományok iránt érdeklődő, természetjáró családba született 1908. május 31-én. Precizitását, tudományok iránti érdeklődését édesapjától örökölte, aki vízmérnök volt, nagyapjától pedig megtanulta a természet tiszteletét, szeretetét. Gimnazista korában kiváló tanára, Polgár Sándor a botanika felé terelte. Az ő hatására született az akkor még fiatal, tizenkilenc éves botanikus első tudományos munkája a győri homokpusztáról. Egyetemi tanulmányait a Budapesti Tudományegyetemen kezdte és Debrecenben fejezte be 1931-ben. Már az egyetemi évek alatt, majd később fiatal kutatóként olyan tudósok segítették munkáját, mint Boros Ádám, Bacsó Nándor, Hollendonner Ferenc, Jávorka Sándor, Soó Rezső, Telegdi Roth Károly. Az egyetem befejezését követően Soó Rezső mellett dolgozott még négy évet a Debreceni Tudományegyetemen tanársegédként, majd 1934-től a Növénytarban és a Kertészeti és Szőlészeti Főiskolán tevékenykedett. 1936-ban segédőr lett a Magyar Nemzeti Múzeum Növénytarban. 1941-től 1947-ig a szegedi Eötvös Kollégium igazgatója. Végül visszatért Budapestre a Növénytarba, ahol 1950-től 1966-ig az intézmény igazgatója lesz. Munkájának kezdetén hatalmas kihívások elé nézett, hisz az ő irányításával költöztették át a gyűjteményt a városligeti Vajdahunyadvárba, és hozták létre a modern Természettudományi Múzeum

számos kiállítását. Ebben az időszakban indították el Soó Rezsővel a magyar növénytakaró növényföldrajzi térképezését, és emellett még volt ideje és energiája arra is, hogy fejlessze az MTA Botanikai Kutatóintézetét Vácrátóton. Az ő segítségével kapcsolódott be az intézet a Nemzetközi Biológiai Programba, építették ki a laborokat és hozták létre a terepi kutatóállomást. 1977-ben vonult nyugdíjba, de nem fordított hátat a szakmájának, hanem még intenzívebben kutatott és publikált. 1997. szeptember 21-én bekövetkezett haláláig segítette, nevelte a fiatal kutatókat, köztük Járainé Komlódi Magdát is, aki követte őt a magyarországi pollenkutatásban, és professzorával együtt kiemelkedőt alkotott a magyar vegetációkutatásban.

Zólyomi Bálint nagyon fiatalon, mindössze húsz évesen felismerte, hogy „a múlt ismerete nélkül a jelen számos jelensége megmagyarázhatatlan előttünk... A letűnt korok éghajlatának ismerete különösen fontos... Mivel a növénytakaró az éghajlat leghűbb kifejezője, az erdőtakaró változásaiból biztosan következtethetünk az éghajlatváltozásokra is”. Felismerte a pollenanalízis fontosságát a vegetációtörténeti vizsgálatokban és elvégezte a keleméri Mohos-tavak tőzegmohalápjainak palinológiai vizsgálatát, ebből született egy komplex geomorfológiai, társulástani és vegetációtörténeti tanulmánya a Bükk-hegység tőzegmohalápjairól. Fő palinológiai munkái közé tartozik még a Balaton történetének kutatása is, erről szóló tanulmányában bemutatta a növénytakaró posztglaciális fejlődéstörténetét, valamint vizsgálatai alapján a tó kialakulását hozzávetőlegesen 20 000 évre datálta.

Zólyomi Bálint palinológiai munkássága alapozta meg Magyarországon a pollenanalízis segítségével végrehajtott vegetációtörténeti kutatásokat.

Növénytani korszak

A német/porosz polihisztor, Ehrenberg osztályozási rendszere és még inkább munkásságának szellemisége meghatározó volt a fitolitikus kutatás fejlődéstörténetében, és közvetlen hatással volt az 1900-as évek elején német földön kibontakozó ún. botanikai kutatásokra. A kezdeti megfigyelések után leíró jellegű munkák születtek, amelyek nemcsak az egyes geológiai közegek, illetve hulló porok anyagát vizsgálták, hanem a növényekből közvetlenül kinyerhető opálszemcséket klasszifikálták az ehrenbergi osztályozási móddal. A német botanikusok a növényi kovás sejtzárványok képződésének, rendszertanának és fajon belüli formagazdagságának (*intraspecifikus variatio*) kutatására helyezték a hangsúlyt. Növényélettani vizsgálódások keretében az oldott formában felvehető szilícium lerakódását, akkumulálódását vizsgálták, hogy meghatározassák a szilícium biomineralizációjának élettani és környezeti szabályozó faktorait.

E kutatási irányzat terjedésének egyik előfutára volt Guntz 1866-ban publikált műve (idézi Grob), amelyben 130 pázsitfűfaj epidermiszsejtjeinek alakját és termőhelyük klimatikus viszonyait hasonlította össze. Eredményei alapján négy klimatikus csoportot különböztetett meg; ezek a 1) bambusz típusú, 2) zavanna típusú, 3) réti és 4) sztyeppe-i fűvek.

A németajkú kutatók több monográfiát is publikáltak az 1880–1900 közötti időszakban, amelyben egy-egy szikú növények, elsősorban kultúrfajok és vad rokonaik bőrszöveti anatómiáját vizsgálták (4. táblázat).

4. táblázat. Az ún. „német iskola” tagjai által publikált művek időrendi sorrendben, illetve a vizsgálatba vont fontosabb domesztikált és vad növényfajok

Év	Szerző	Vizsgált fajok*	
		Vadon élő fajok	Domesztikált fajok
1886	Guntz		<i>Poa</i> spp.
1875	Hohnel		<i>Panicum miliaceum</i> <i>Sorghum vulgare</i> <i>Avena sativa</i> <i>Triticum spelta</i> <i>Hordeum vulgare</i> <i>Secale cereale</i>
1896	Grob	<i>Olyra</i> sp.	<i>Oryza sativa</i>
1899	Formanek	<i>Setaria viridis</i> <i>Triticum repens</i> <i>Panicum cruss galli</i> <i>Lolium temulentum</i>	<i>Avena</i> spp. <i>Bromus secalinus</i> <i>Hordeum</i> spp. <i>Oryza sativa</i>
1905	Neubauer	ua. mint FORMANEK (1899) + <i>Alopecurus pratensis</i> <i>Setaria glauca</i>	<i>Zea mays</i>
1908	Mobius	<i>Callisia repens</i>	
1914 és 1929	Netolizky	<i>Digitaria sanguinalis</i> <i>Echinochloa crussgalli</i> <i>Setaria italica</i> <i>Panicum colonum</i> <i>Setaria</i> spp.	
1914	Frohmeier	<i>Poa pratensis</i> <i>Elymus sibiricus</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Bambusa nana et. arundinacea</i> <i>Arundo phragmites</i> <i>Uniola latifolia</i> <i>Festuca arundinacea</i> <i>Phleum pratense et. boehmeri</i> <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Andropogon schimperi</i> <i>Trisetum flavescens</i> <i>Arundo donax</i>	<i>Hordeum distichum</i> <i>Secale cereale</i> <i>Avena sativa</i> <i>Panicum sanguinale</i> <i>Saccharum officinarum</i> <i>Zea mays</i> <i>Tripsacum dactyloides</i> <i>Coix lacrymae</i> <i>Oryza sativa</i> <i>Sorghum halepense</i>

* Egyes tudományos elnevezések a korabeli nevezéktannal megegyezően kerültek feltüntetésre.

Grob több hosszú és rövid epidermális sejt leírását is megadta (v.ö.: *Kieselkurzzellen*, *Kiesellangzellen*), és elkülönített ún. elsődleges típusokat, amelyek több nemzetség több fajában előfordulva azonos morfológiát mutattak, illetve másodlagos, azaz fajra/nemzetségre jellemző morfortípusokat (5. táblázat). Grob osztályozási rendszerén keresztül igen korán kimondatlanul is ráérezett a fitolitkutatás egyik máig is égető problémakörére, méghozzá arra, hogy a fitolitok világa redundanciával és sokszerűséggel terhelt. Az ún. szekunder típusokat nem nevezte el, csak egy római számmal jelölte létezésüket, megfigyelésük tényét.

A leíró jellegű vizsgálatok mellett – korlátozott számban ugyan – megjelentek olyan művek is, amelyek már a fitolitokra és az általuk közvetített információtartalomra alapozottan kíséreltek meg következtetéseket levonni egykori növényhasználati módszerekkel, illetve domesztikációval kapcsolatban. Az egyik viszonylag korai mű a Kínai Földtani Társaság Bulletinjének (*Bulletin of the Geological Society of China*) hasábjain jelent meg Edman és Söderberg tollából 1929-ben. A szerzők egy megközelítőleg 5000 éves kínai településen végeztek etnobotanikai vizsgálatokat, és egy edénytörökben talált anyagból mutatták ki a rizs (*Oryza* sp.) korabeli maradványait. Schellenberg egy turkesztáni expedíció keretében vizsgálta az anai ún.

5. táblázat. Grob kovasejt-osztályozási rendszere,
amely a „Beitrage zur Anatomie der Epidermis der Gramineenblätter” c. művében jelent meg 1896-ban

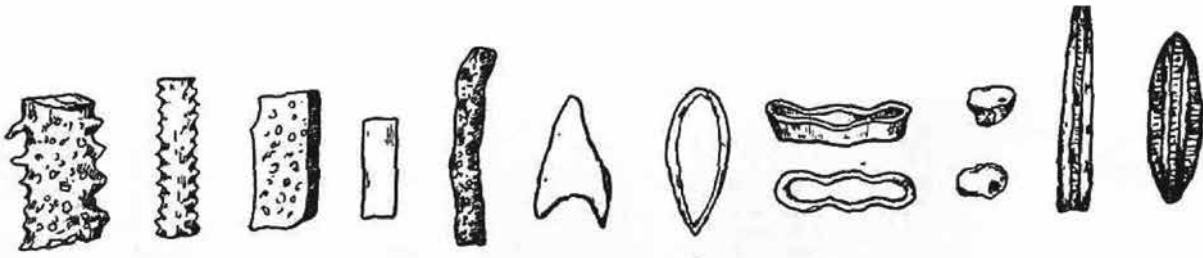
(i) Hosszú sejtek		
(ii) „hólyag” sejtek		
(iii) Rövid sejtek		
(iii) (1) Kovásodott rövid sejtek		
(iii) (1) (2) Háncszövettel (<i>phloem</i>) összefüggésbe hozható kovásodott rövid sejtek		
	Primer Típus (sok fajban gyakori)	Szekunder Típus (mindig csak 1 fajban látott)
	I. kereszt, súlyzó és csomó sejtek	VI.
	II. nyereg sejtek	VII.
	III. rizs sejtek	VIII.
	IV. kör alakú és elliptikus sejtek	IX.
	V. bot és lemez sejtek	X.
(iii) (1) (3) Farésszel (<i>xylem</i>) összefüggésbe hozható kovásodott rövid sejtek		
(iii) (1) (3) (1) kereszt alakú sejtek		
(iii) (1) (3) (2) <i>Olyra</i> sejtek (az <i>Olyra</i> nemzetség tagjaiban)		
(iii) (1) (3) (3) Tövis sejtek		
(iii) (1) (3) (4) A parenchymával összefüggésbe hozható kovásodott sejtek a <i>Pharus</i> és <i>Leptaspis</i> nemzetségekben		

Északi Kurgánt, amelynek feltárási anyagából búza és árpa jelenlétét tudta bizonyítani. Érdekes fejtegetés olvasható az Osztrák Botanikai Folyóirat (*Österreichische Botanische Zeitschrift*) Netolitzky által jegyzett értekezésében, amelyben többek között rávilágít arra a megfigyelésre, hogy a kovásodott sejtek nyomot hagynak az emberi fogzománcon, illetve a fitolitok visszanyerhetők az egyiptomi ásatásokon előkerülő múmiák és emberi maradványok fogkövéből, így könnyen és sikerrel alkalmazhatók a táplálkozástörténeti kutatásokban. Kiemeli továbbá, hogy a pontos következtetések levonását mélyreható és mindenre kiterjedő botanikai térképező munkának kell megelőznie. Az említett szerző a XX. század első harmadában publikálta azon művét, amellyel végérvényesen beírta magát a fitolitikus kutatás történetébe, hiszen a korabeli, K. Linsbauer (1929) által jegyzett és Berlinben nyomtatásba kerülő Növényanatómiai Kézikönyvben (*Handbuch der Pflanzenanatomie*) önálló fejezet foglalkozik az egyes növénytaxonok kovatestjeivel (v.ö.: *Kieselkörper*).

A botanikai irányultságú kutatások egyik érdeme, hogy a kor kutatóinak kíváncsisága révén sikerült feltérképezni a növényi sejtek elkovásodásának alapvető tulajdonságait, illetve az általuk létrehozott hatalmas adatbázis termékeny tudományos talajt szolgáltatott, hogy később a fitolitokat mint környezeti indikátorokat a régészet, ökológia és öskörnyezettan sikerrel alkalmazhassa. Mindezek mellett kezdetét vette egy olyan kutatási folyamat, amely rámutatott az egyes taxonok szilíciumakkumulációs különbségeire, illetve ennek fitofiziológiai okaira. Bebizonyosodott, hogy a növényi opálestecskék alakutana taxonspecifikus. A korszak munkásságának eredményeit nemcsak közlemények és leírások, hanem nagy mennyiségű rajz és fitolitalaktani vázlat képviseli.

Sajnálatos módon eredményeik jelentős része német nyelven jelent meg, így viszonylag hosszú időnek kellett eltelnie, mire az angol nyelvű tudományos élet – ahol a fitolitikus kutatás módszertanát továbbfejlesztették – felfedezte és felhasználta a korábbi európai eredményeket.

A németországi kutatások lezárását a második világhégés jelentette, amely után a kutatások központja először ideiglenesen orosz nyelvterületre tevődött át (59. ábra). Később pedig az észak-amerikai kontinensen csapott fel a tudományos érdeklődés lángja, amely a növényi opálszemcsék mélyrehatóbb vizsgálatát is maga után vonta.



59. ábra. Egy oroszországi talajszelvény ásványtani elemzése közben talált növényi opálszemcsék, szivacsüstöske (balról a második) és diatomaváz (bal szélső) vonalrajzai

Az ökológiai-botanikai jellegű kutatások kibontakozása

Az 1950-es évek közepe, vége jelenti azt az áttörést, amikortól a nyugati világ kutatói (botanikusok, talajtudósok, agronómusok, geológusok stb.) felhasználják, beépítik a fitolitelemzést környezettörténeti és ökológiai kutatási módszereik közé. A tématerület történetével foglalkozó művek a korszak meghatározó botanikai tudományos műhelyei között első helyen említik a bangori University College of North Wales kutatóinak eredményeit és az iskola működéséhez köthető 30 évnyi publikációt (6. táblázat).

Smithson, miután elkészítette Észak-Wales talajainak mikromorfológiai kataszterét, közzé tett egy munkát, amelyben ugyanazon talajok biogén szilíciumformáinak leírásával foglalkozik. Későbbi, meghatározó jelentőségű műveiben a szivacsüstöske-maradványok és a növényi opálszemcsék elkülönítésének módját, illetve a „talajok vályogfrakciójának mikroszkópiáját”, és ebben foglalva a fitolitok talajból való feltárásának és meghatározásának módszereit taglalja. Az 1950-es évek végén megjelent „Grass opal in British soils” című cikke megközelítőleg 150 különböző rajzon mutatja be a brit talajok fűfitolitjainak morfológiai jellemzőit. Az említett munka a talajok elemzésén túl a vizsgálati területeken tartott állatok trágyájának fitolitikompozíciós vizsgálatára, illetve a helyszíneken domináns pázsitfűfajokra is kiterjedt.

A bangori iskola kutatóinak nevéhez fűződik a növényi orgánumok szilifikációja és egyes abiotikus tényezők (éves és többéves klimatikus variációk, talaj pH, talaj vas- és alumíniumtartalom stb.) összefüggéseinek vizsgálata is. Ahogy a 6. táblázat mutatja, a kutatók figyelme a domesztikált pázsitfűfélék felé fordult. A korszak egyik érdekes vizsgálatát egyes köles- (*Phalaris* spp) és muharfajok (*Setaria* spp.), illetve a saspáfrány (*Pteridium aquilinum*) opálszemcséi és a nyelöcsőrák kifejlődésének kapcsolatát boncolgatta. A fitolitikutatók számos mikroszkópi és mikroanalitikai módszer (CORA, EPM, SEM, STEM, TEM stb.) alkalmazásával képesek voltak megadni a növényi sejt elkovásodásának élettani mechanizmusát, illetve a szilifikációs affinitás mértékét több pázsitfűfajban.

A brit szigeteken az észak-walesi tudományos műhely mellett mások is folytattak olyan növénytan-ökológiai vizsgálatot, amelyek a fitolitok világát érintették, így például a Kew-ban található Királyi Botanikus Kert egykori igazgatója, Hubbard az ötvenes évek elején publikálta *Grasses* című könyvét, amelyben a pázsitfűfélék (Poaceae) opálszemcséinek osztályozását a növényesalád taxonómiai felosztásához kötötte.

A méltán híres botanikus, Metcalfe is részletes növényi opálszemcsé-osztályozást adott közre az egy- és kétsejtű szervezetekkel foglalkozó művének első kötetében. Metcalfe Grob és Gunz felosztásához hasonlóan alkotta meg 20 típusból álló klasszifikációját, amely rendszerben az alábbi nevezéktan felhasználásával sorolhatók be a pázsitfűfélék (Poaceae) levelének bőrszövetében található diagnosztikus szilícium testek:

- hosszú és keskeny formák
- köbös
- köbszerű
- kerek
- elliptikus
- félhold alakú
- nyújtott téglalap
- a parasejtek alakjába illeszkedő
- nyereg alakú
- hegyes
- megnyújtott sima (felületű)
- megnyújtott hullámos
- kereszt alakú
- kereszt és súlyzó alak közötti átmenet
- súlyzó alak
 - szűk, keskeny átmeneti résszel
 - széles átmeneti résszel
- megrövidített súlyzó alak
- súlyzó alakú, de fókusz állításával változó megjelenésű
- noduláris (csomó alakú)
- *Oryza* típus
- csipkés-nyújtott

6. táblázat. Az észak-walesi Bangor-iskola fontosabb kutatási területei és publikációs tevékenysége az 1950-es és '80-as évek között

Év	Szerző	Kutatások tárgya
1956 és 1958	Smithson	brit talajok fitolit- és szivacsöske-tartalma
1957		<i>Gramineae</i> fajok levélanatómiája
1958, 1963, 1964 és 1966	Parry & Smithson	<i>Nardus stricta</i> és <i>Molinia caerulea</i> fajok részletes vizsgálata, valamint általános módszertan
1961	Smithson	általános módszertani kutatások
1968	Blackman & Parry	<i>Secale cereale</i>
	Sangster	<i>Sieglingia decumbens</i> levele
	Blackman	<i>Triticum aestivum</i>
1969	Sangster & Parry	<i>Oryza sativa</i> , <i>Cynodon dactylon</i> , valamint <i>Sieglingia decumbens</i> fajok bullifom sejtjei
1970	Sangster	<i>Oryza sativa</i> , <i>Cynodon dactylon</i> , valamint <i>Sieglingia decumbens</i> fajok levélanatómiája
1971	Blackman	26 Alberta-i <i>Gramineae</i> faj fitolitikatasztere
1973	Hayward & Parry	<i>Hordeum sativum</i>
1972, 1973	Parry & Soni	<i>Oryza sativa</i> virágzata
1975	Parry	<i>Oryza sativa</i> levélszilifikációja
	Parry & Kelso	<i>Molinia caerulea</i> és <i>Sorghum bicolor</i> gyökérzete
1976	Sangster & Parry	<i>Sorghum bicolor</i> gyökérzete
1977	Parry & Winslow	<i>Pisum sativum</i>
	Parry & Kelso	<i>Saccharum officinarum</i> gyökérzete
		<i>Digitaria sanguinalis</i> , <i>Hordeum sativa</i>
1978	Sangster	<i>Sorghum nutans</i> , <i>Phragmites communis</i> , <i>Andropogon</i> spp. gyökerek szilifikációja
1979	Montgomery & Parry	<i>Molinia caerulea</i> gyökérzete
1980	Bennett & Parry	<i>Hordeum sativum</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Triticum aestivum</i>
	Hayward & Parry	<i>Hordeum sativum</i> toklász, rügy, virágzat
1981	Bennett & Sangster	<i>Sasa palmata</i>
	Bennett & Parry	<i>Hordeum sativum</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Triticum aestivum</i>
	Wadham & Parry	<i>Oryza sativa</i>
1982	Bennett	<i>Hordeum sativum</i> , <i>Avena sativa</i> , <i>Triticum aestivum</i>
	Bennett & Sangster	<i>Zea mays</i>
	Hodson & Parry	<i>Setaria italica</i> virágzatának szilifikációja és annak karcinogenitása közötti kapcsolat
	Hodson, Sangster & Parry	
Parry & Hodson		
1983	Sangster	<i>Phragmites australis</i> , <i>Miscanthus sacchariflorus</i> ,
1983	Sangster, Hodson & Parry	<i>Phalaris</i> spp. virágzatának szilifikációja és annak karcinogenitása közötti kapcsolat
1984, 1985	Hodson, Sangster & Parry	<i>Phalaris canariensis</i>
1985	Parry, Hodson & Newman	<i>Pteridium aquilinum</i>
1986	Hodson & Parry; Hodson; Hodson & Bell	<i>Phalaris canariensis</i>
1988, 1989	Hodson & Sangster	<i>Triticum aestivum</i>

Az Egyesült Államokban Beavers és Stephen számolt be először a fitolitok talajbeli előfordulásáról. Fűfélék talaj feletti vegetatív és generatív részeinek éves fitolittermelési arányát kutatták, ezzel próbálván meghatározni, hogy egyes talajok milyen hosszán képződtek erdő- vagy fűvegetáció alatt. Bizonyították, hogy a fűvegetáció alatt képződött talajok biogén opáltartalma 5-10-szerese az erdővegetáció alatt képződtekének. Ennek némileg ellentmond az a felfedezés, hogy az észak-amerikai préri-erdő átmeneti zóna és a füves vegetáció által a közelmúltban meghódított erdőterületek talajának fitolittartalma hasonló értéket mutatott.

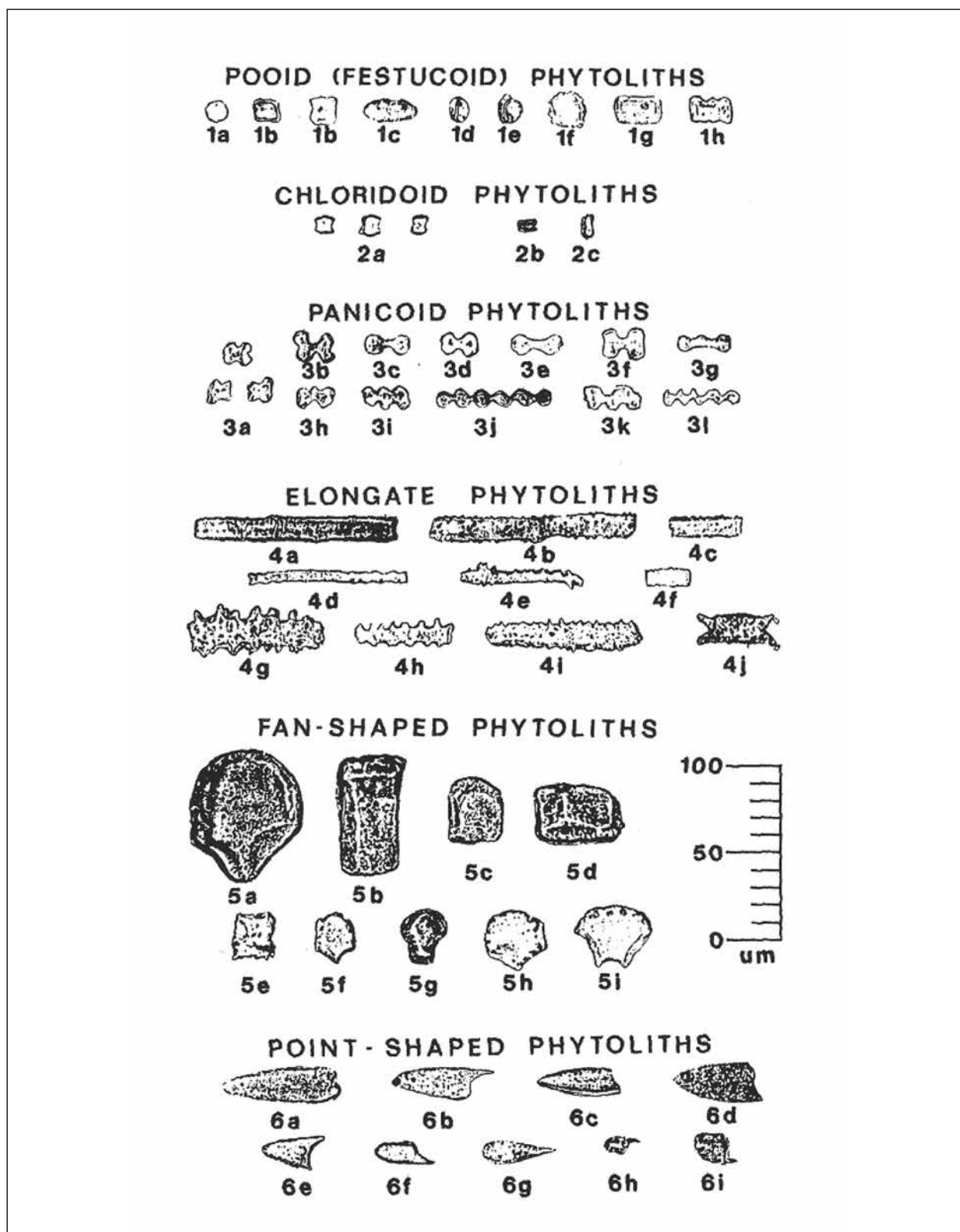
Ebben az időszakban több kísérlet és „lelet” alapján próbálták a növényi opálszemcsék túlélését és tafonómiai jellemzőit meghatározni. Azt a korabeli állítást, „tévhitet”, miszerint a fitolitszemcsék pár ezer évnél tovább nem maradnak fenn, Wilding kísérlete nem cáfolta minden kétséget kizáróan. Wilding radio-karbonos kormeghatározással 13 000 évesnek datált egy talajból származó, fitolitban okludált szénszemcsét. Mérföldkőnek számít az a zárwatermők származásával és rendszertani besorolásával foglalkozó kutatás, amelynek során miocén korú észak-amerikai őskövületekből tudtak fitolitokat izolálni, végérvényesen bizonyítva ezzel a szóban forgó szervesetlen növényi exkrétumok időállóságát és szélsőséges mechanikai és kémiai hatásokkal szembeni ellenállóságát. Jóval később, 2005-ben további felfedezések bővítették ismereteinket az opálszemcsék tafonómiai aspektusaival kapcsolatban. Késő krétai (67-65 millió évvel ezelőtti) üledékben talált dinoszaurusz koprolitból kimutattak öt *Poaceae* fajt (valamint további kétszikű növénytaxonokat), amelyre alapozva India földrajzi izolációja előtti időszakra tehetjük a fűfajok expanzióját a Gondwanán.

Ehrenberg mesterséges fitolitrendszerére építve Deflandre 1963-ban, majd Dumitrica 1973-ban fejlesztette ki és közölte új osztályozási rendszerét. Ezek a rendszerek már lehetőséget adtak a pázsitfűféléken (*Poaceae*) belül három alcsalád (*subfamilia*) elkülönítésére. Kisebb módosításokkal a mai napig is ez a klaszifikáció használatos a fitolitkutatás egyes területein. A kutatók nagy hangsúlyt fektettek a pázsitfűfitolitok alakjának kutatására, míg egyéb fontos részleteket, mint a kovatestek háromdimenziós struktúrája, illetve méretbeli különbségei teljesen figyelmen kívül hagytak ebben az időszakban. Eddigre világossá vált, hogy a fitolitok jelenléte az egyes alcsaládokban bőséges, de nemzetség- és fajszintű határozásra a pázsitfűfélék családjában nem ad alkalmat.

Egyes kutatóműhelyekben vizsgálatok folytak kétszikű növények fitolitjain alapuló határozókulcsok elkészítésére is, így sikerült a duglászfenyőfajok (*Pseudotsuga genus*) közötti nemzetségspecifikus fitolitokat izolálni. Egyéb tülevelű és lombhullató fajok leveleiből, később tropikus fajok törzséből is sikerült a növényi kovaszemcséket kimutatni. Egy kutatásban az el nem fásodó kétszikű növényeket vizsgálták (pl. *Helianthus*, *Fragaria* és *Rubus spp.*), de az eredmények csak a szilícium-dioxid felhalmozódási zónáira koncentráltak, a fitolitszemcsék alakjainak összehasonlításáról és részletes leírásáról nincs adat.

A korszakban egyre többen foglalkoztak a ma élő fűfélék fitolitjainak elektronmikroszkópos vizsgálatával, de ahogy a fenti felsorolásból is kitűnik, sem a botanikusok, sem a geológusok nem fejlesztettek ki egységes rendszert, módszertani struktúrát az őskörnyezeti kutatásokban rejlő lehetőségek kiaknázására. Mindezek ellenére nem mehetünk el szó nélkül a Twiss és munkatársainak 1969-es, későbbi átdolgozás szerint 1992-es felosztása mellett, amely jó példája a történeti hagyományok és a modern tudományos módszerek vegyítésén alapuló rendszer kidolgozásának. Kisebb-nagyobb módosításokkal, helyi adaptációs kiegészítésekkel a szerzők osztályozása a mai napig érvényben van, és a világ számos pontján több tudományos műhely alkalmazza.

A szerzői hármast a Sziklás-hegységtől keletre kiülepített eolikus por származásvizsgálata során alkotta meg – elsődlegesen morfológiai, és nem anatómiai elemeket felvonultató – osztályozási rendszerét. Ez később kiegészült a C₃-as és C₄-es fotoszintézis típusú *Gramineae* fajok levél bőrszöveti különbségeinek vizsgálatával. Az átdolgozott rendszer a *Gramineae* alcsaládjainak felosztását követi, így különbséget tesz úgynevezett Pooid/Festucoid, Chloridoid, Panicoid formák és egyéb, korábban már bevezetett morfortípusok között (60. ábra).



60. ábra. Twiss et al. fitolitosztályozási rendszerének bizonyos elemei.
 1. a–h. Poooid/Festicoid morfolópus-sorozat; 2. a–c. Chloridoid morfolópus-sorozat,
 3. a–l. Panicoid morfolópus-sorozat, 4. a–j. nyújtott morfolópus-sorozat, 5. a–i. legyező alakú (bulliform sejtek)
 morfolópus-sorozat; 6. a–i. hegyes (trichoma sejtek) morfolópus-sorozat

A régészeti fitolitkutatók modern korszaka és napjaink tendenciái

Ahogy arra korábban már rávilágítottunk, az egyes korszakok nem válnak el élesen egymástól jól definiálható határokkal, hanem úttörő jellegű kutatásokat végző személyiségek köré szerveződnek, illetve meghatározó jelentőségű kutatómunkák publikálásával, tudományos műhelyek kialakulásával hozható összefüggésbe egy-egy korszak kezdeti és végső időpontja. Régészeti, illetve öskörnyezeti interpretációra is mutattunk be példákat a korábbi korszakokból (v.ö. pl. Ehrenberg, Netolitzky, Schellenberg, Edman és Söderberg munkái). Ezek a próbálkozások azonban még nélkülözték a későbbi korokban feltárt tudományos és elméleti alapokat, így – amellett, hogy jelentékeny módon hozzájárultak a későbbi régészeti vonal fejlődéséhez – nem szisztematikusan használták fel a növényi opálszemcsék kínálta lehetőségeket.

A régészet tudományának érdeklődése akkor fordult a módszer felé, amikor ráébredtek annak fontosságára, hogy egyes feltárások, vizsgálatok nem szolgáltathatnak megfelelő információtartalmú adatokat, így nem lehet választ kapni olyan égető kérdésekre, mint például egyes növényfajok domesztikációjának kezdete vagy az adott területre történt behurcolása. Elsőként azokon a területeken jelentkezett ez a tendencia, ahol a szerves növényi részek prezervációja alacsony. Ez vezetett odáig, hogy egy, a paleoökológiában, régészetben, történeti ökológiában és egyéb interdiszciplináris területeken eredményesen és rutinszerűen alkalmazható módszertan kidolgozását több földrészen is elkezdték, és mára a fitolitok alkalmazásának olyan széles spektrumával találkozhatunk, amelynek teljes egészében történő bemutatása nem képezheti e könyv tárgyát. Mindazonáltal a teljesség igénye nélkül ugyan, de említésszerűen bemutatásra kerülnek azok az ismertté vált tudományos műhelyek és vizsgálataik, amelyek publikálása megtörtént, és eredményei nyilvánosságra kerültek.

Európa, Afrika és a Közel-Kelet

A fitolitkutatók európai fejlődéséről írt értekezésében Powers kiemeli, hogy az európai kollegák munkája „szomorúan elmaradt” az észak-amerikai kutatók tevékenysége mögött. Hasonlóan ír erről Marco Madella is, aki ennél finomabban fogalmazva megjegyzi, hogy a kutatások fókuszusa a század közepétől alapjában véve áthelyeződött az észak-amerikai kontinensre, ahol fokozottabban alkalmazták mind a régészeti, mind az öskörnyezeti technikákat.

Mindezek ellenére találunk óvilági tudományos műhelyeket, amelyek elmélyülten kutatták mind az európai, mind az afrikai kontinens fitolitjainak világát. Az egyik ilyen az ún. sheffieldi Black Box Analog eljárás (University of Sheffield), amelynek lényege, hogy az egyes üledékminták fitolitikészletét veszik csak alapul (morfotípus-analízis), figyelmen kívül hagyva a szemcsék szöveti, anatómiai származását. A több projektben is alkalmazott eljárás célja az volt, hogy összehasonlítási alapot kapjanak a modern és a régmúlt üledékek fitolitikészletei között. Az alkalmazást nemcsak Európában, hanem a Közel-Keleten is sikerrel vették be. A részben Szíriában, részben Egyiptomban végzett kísérletes kutatások fényt derítettek arra, hogy eltérés mutatkozik azonos fajok fitolitprodukciónak, amennyiben öntözés mellett termesztik őket, így ezek meghatározásával megállapíthatóvá vált a kezdetleges öntözéses gazdálkodás elterjedésének tér- és időbeli fejlődése.

A 20. század utolsó harmadában kibontakozó európai iskolák (a teljesség igénye nélkül például Spanyolország – Universitat de Barcelona, Németország – Frankfurt – Johann Wolfgang Goethe-Universität, Franciaország – Université de Montpellier, Nagy-Britannia – University of Cambridge, Belgium – Université Libre de Bruxelles és továbbiak) kutatásainak egy jelentős része koncentrált az afrikai kontinensre, illetve a közel-keleti régészeti feltárásokra. Míg az afrikai kutatások elsősorban paleoökológiai, paleoklimatológiai fókuszúak, addig a közel-keletiek inkább a régészeti vonalat erősítették.

Elsősorban a gazdag talajtani hagyományokra építkezve bontakoztak ki öskörnyezeti, paleotalajtani kutatások Oroszországban is, ahol az Orosz Tudományos Akadémia több kutatóintézetében foglalkoznak a régészeti talajtani keretében fitolitelemzésre alapozott öskörnyezeti rekonstrukcióval. Az említett országok mellett kiterjedt növénytani és etnorégészeti munkák ismeretesek Görögországból is. Az 1970-es és '80-as évek magyar növénytani irodalmában több utalást is találunk a növények kovasejtjeivel kapcsolatban. Haraszty például a pázsitfűvek nagy kovaakkumulációs képességét emeli ki, de nem használja még a fitolit kifejezést.

A Balatonmagyaród-Hídvégpuszta késő bronzkori halomsíros kultúra (Kr. e. 1200) hulladékgyűjteményéből származó ételmaradványok makro- és mikroszkópos archaeobotanikai vizsgálatai fitolitikus kutatási szempontból sikeres eredménnyel zárultak. A vizsgálatok alapján bizonyítást nyert a korai búza- és kölesliszt használata. A későbbi hazai kutatások ökoszisztémái rekonstrukciós célokat fogalmaztak meg. A kutatások egyik előfutárnak tekinthetjük azt az Endrőd környéki ásatást, amelynek anyagán amerikai kutatók végeztek fitolitelemzést (Rovner személyes közlése). Történetek kísérletek lövsorozatok fitolitelemzésére is hazánkban az 1990-es évek elején, amelyeket Salvatore Engel-dí Mauro neve fémjelez, de megjelentek a kapcsolt környezettörténeti és archaeobotanikai irányultságú vizsgálatok is (Ecsegfalva, Körös-kultúra). Később több temetkezési halom és telltelep pelaeoökológiai kutatásában került sor fitolitelemzés alkalmazására. Jelenleg három hazai tudásközpontban zajlik fitolitikus kutatással kapcsolatos tevékenység: a Szegedi Egyetem Földtani és Őslénytani Tanszékén Sümegi Pál irányítása mellett Persaits Gergő; a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Klimatológiai és Környezetkutató Központjában Lisztes-Szabó Zsuzsa; a Szent István Egyetem Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézetében pedig e kötet szerzői foglalkoznak ezzel a tudományterülettel.

Az európai kontinens tudományterületen belül betöltött szerepét és igyekezetét jól jellemzi az a tény, hogy a világ fitolitikus kutatóit egyesítő Society of Phytolith Research két évente megrendezésre kerülő szakmai fórumai (Biannual International Meeting for Phytolith Research) két kivétellel mind európai városokban (Madrid 1996, Aix-en-Provence 1998, Bruxelles 2000, Cambridge 2002, Moszkva 2004, Barcelona 2006, Mar del Plata, Argentína 2008, Estes Park, USA 2011, Belgium 2014, Aix-en-Provence 2016) kerültek megrendezésre. A 2018-as rendezvénynek Wuhan városa (Kína) ad otthont.

Észak-Amerika

Az észak-amerikai kontinens fitolitikus kutatásával foglalkozó történeti áttekintés azzal a megjegyzéssel kezdődik, hogy az Újvilággal ellentétben ezek a technikák az Óvilágban számottevő múltra tekintenek vissza. A paleoökológiai vizsgálódások iránti fokozott érdeklődés kibontakozását Rovner 1971-es cikkétől számítják, amelyben a növényi opálfitolitok ökoszisztémái rekonstrukcióban betöltött szerepéről értekezett. Az 1960-as, '70-es és '80-as évek Amerikája a talajtani fitolitikus kutatások kibontakozásának időszaka, míg a '90-es évek tudományos érdeklődése inkább a régészeti fitolitikus vizsgálatok felé fordult.

A fentebb említett első időszak elején – hasonlóan az oroszországi példákhoz, ahol a sztyepp-erdő vegetáció dinamikája állt a kutatások előterében – a préri-erdő változások felderítésébe fektettek nagy energiát. Carbone a Virginia állambeli Shenandoah-völgyben feltárt kultúrrétegeket, paleo- és modern talajt magában foglaló szelvényt vizsgált. Eredményei arra engedtek következtetni, hogy a legidősebb réteg idején a modernhez hasonló erdei vegetáció uralta a tájat, majd több esetben is a préri dominanciája következett be a 12 000 BP és 5 000 BP közötti intervallumot reprezentáló időszakban.

Nebraszkai és coloradói területek paleoklimáját vizsgálva Lewis a csapadékeloszlást tudta rekonstruálni az üledék- és talajminták panicoid és chloridoid morfológiai típusok fluktuációs rátája és arányai alapján. Emellett, ahogy azt a dél-amerikai példák is jól mutatják (lásd később), az Újvilág gabonáinak fitolitikus révén történő meghatározása kötötte le a kutatók egy részének figyelmét. A kukorica (*Zea mays*) minden kétséget kizáró meghatározására Pearsall az ún. *cross-shape size* technikát, míg Piperno egy 3D metóduson alapuló morfometriai módszert fejlesztett ki. A kukorica mellett a rizs (*Oryza sativa*) került még a kutatások homlokterébe, amelynek bulliform sejtjeit használták fel a domesztikáció időpontjának meghatározásához.

A paleoökológiai eszköztár harmonikus és additív alkalmazásának egyik észak-amerikai iskolapéldája az a vizsgálatsorozat, amelynek eredményeképpen megszületett Kansas állam paleo- és modern talajfitolitikus és pollenkatasztere. A felméréssel bizonyosságot nyert, hogy a két „versengő” tudományterület együttes alkalmazása jelentékeny módon járul hozzá az ökoszisztémái rekonstrukció pontosabbá tételéhez.

Az észak-amerikai fitolitikus kutatások kiemelendő vonalát képviseli Prychid és munkatársai áttekintő tanulmánya is. Utóbbi szerzők az egyszikűek opálestecskéinek biológiáját és a társtudományok módszertanába való illesztésének lehetőségeit tárgyalták. Ball és munkatársai a búzák virágzati képleteinek fitolitikus morfometriai adatbázisát kezdték el kiépíteni és fejlesztik a mai napig.

Dél-Amerika

A déli féltekén a növényi opálszemcsék kutatásainak központja kétségkívül Dél-Amerikához, azon belül is Argentínához köthető, már csak azért is, mert a gyökerek egészen Ehrenberg és Darwin kapcsolatáig nyúlnak vissza. Az első szisztematikus vizsgálódás Joaquín Frenguelli nevéhez fűződik, aki harmad- és negyedidőszaki üledékeket vizsgálva számol be a növényi opálszemcsék nagy variabilitásáról. Teruggi szintén az argentin pampák talajainak és üledékeinek vizsgálatával foglalkozott. Az említett tudósok szellemi örökségére támaszkodva kezdte meg munkásságát Hetty Hertoldi de Pomar, akit művei nemcsak a dél-amerikai kontinens legelismertebb és legolvasottabb fitolitttudósává tettek, de munkáiból a kontinensen kívüli fiatal kutatók is életre szóló inspirációt merítettek (Rovner személyes közlése). Két legfontosabbnak tartott műve az 1971-ben publikált *Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos* (Az opálfitolitok alakutani rendszerezése – szabad fordítás, a szerk.) című, illetve az argentin fitolitkutatás legrangosabb szintézisaként emlegetett *Los silicofitolitos. Sinopsis de su conocimiento* (Az opálfitolitok. Ismereteink összefoglalása – szabad fordítás, a szerk.) címet viselő monográfia. Mára több iskola működik Argentína-szerte, amelyek sikerrel alkalmazzák a fitolitelemzést mind a paleoökológia, mind a botanika és a régészet területén.

Braziliában a tropikus szavanna (*cerrado ecoregion*) pázsitfüféléinek fitolitjairól először da Silva és Labouriau számolt be, később Labouriau a brazil földön elvégzett kutatások rövid összefoglalását közreadta a *Phytolitharien* hasábjain (Newsletter of the Society for Phytolith Research). Az említett brazil származású tudósok mellett Piperno és Becker jelentkezett amazóniai területeket érintő tájfejlődési és ősnövényzeti rekonstrukciós vizsgálatokkal.

Kolumbiában a Cauca folyó völgyében a spanyol hódítások előtti társadalmak régészeti anyagán Ramírez Ríos és munkatársai végeztek táplálkozástörténeti elemzéseket. A völgy modern növényzetéből készített referenciagyűjteményt a sírokból előkerült leletekről nyert fogkő (*calculus dentilis*) eredményeivel hasonlították össze. Chile vidékeiről ez idáig kevés fitolitvizsgálati eredmény ismeretes, ennek ellenére egy, az Atacama-sivatagban lefolytatott régészeti projektben Planella és McRostie fitolitelemzést is alkalmazott.

Az argentin kutatásokhoz hasonló jelentőségű eredmények születtek Ecuadorban is a 20. század utolsó harmadában. Ez többek között Dolores R. Piperno és Deborah M. Pearsall tudósoknak köszönhető, akik munkásságuk jelentős hányadát a kukorica (*Zea mays*) és egyéb Dél-Amerikában termesztett növényfajok származásával kapcsolatos rejtélyek feltárásának szánták. Publikációk és könyvek sorozata foglalkozik sok vitát kavart felvetésükkel, amely szerint a *Zea* nemzetség fajai több mint 7000 évvel ezelőtt kerültek a dél-amerikai kontinensre. Szintén Ecuadorhoz és Dolores R. Piperno munkásságához köthető a *Cucurbita* fajok domesztikációjára vonatkozó elméletek fitolitelemzésre alapozott kidolgozása is.

Peruból elsőként az ún. Kotosh régészeti lelőhely fitolitvizsgálati eredménye kapott nagyobb tudományos publicitást, amelyet egy tokiói kutató, Matsutani tett közzé 1972-ben. Ezek után elsősorban őskörnyezettani tanulmányok láttak napvilágot, amelyek nagy része tér- és időbeli klímaváltozásokkal, és ehhez köthetően a panicoid/chloridoid és poid(festucoid) morfortípusú fitolitok arányváltozásaival foglalkozott.

Uruguayban paleolimnológiai kutatásokban használták fel a fitolit- és biomorfelemzés nyújtotta előnyöket, amelyek célja, hogy a holocénbeli klíma- és vegetációs változások korábban megrajzolt scénárióját pontosítsák. Hasonlóan a többi dél-amerikai országhoz, Uruguayban is széleskörben alkalmazzák a régészeti, illetve agrártörténeti kutatásokban a fitolitelemzés módszerét.

Mexikóban az egykori azték fővárosban, Teotihuacanban végeztek őskörnyezet rekonstrukciós vizsgálatot annak felderítésére, hogy a klíma változása összefüggést mutat-e a kultúra fejlődésének stádiumaival. Ezt a C₃-as és C₄-es fotoszintézis típusú növényfajok fitolitjaira alapozott, ún. ariditási indexek létrehozásával kísérelték meg.

Ázsia

Az oroszországi kutatások mellett Indiában, Kínában és Japánban működnek olyan tudományos műhelyek, amelyek rendszeresen jelentkeznek fitolitkutatási eredményekkel. Indiában a Deccan College-ban működő Régészeti Tanszéken folynak vizsgálatok, amelyek – hasonlóan a dél-amerikai trendekhez – a kontinensen kívülről bekerült növényfajok vándorlási útvonalát és bekerülési időpontját kívánják tisztázni.

Edman és Söderberg korábban bemutatott tanulmánya is a rizzsel foglalkozik, így nem meglepő, hogy a kínai fitolitkutatók jelentős része a vad és háziasított rizstaxonok elkülönítésén dolgozott. Emellett talá-lunk apró részletekbe menő morфомetriai kutatásokat is. Egy érdekesítő munka a növényi opáltestekbe záródott szénzemcsék izotópos vizsgálatát tűzte célul. A módszer lényege, hogy az erdő, illetve füves vegetáció által termelt fitolitok szénizotópos összetételének különbségei jó indikátorai az egykori környezeti viszonyoknak.

Japánban Kanno és Arimura jelentkezett először fitolitokkal kapcsolatos eredményekkel 1958-as írásuk-ban, később Watanabe számolt be a Japán szigetvilág különböző pontjain előkerült prehisztorikus rizs- és cirokleletekről. A botanikai/növényélettani vizsgálatot végző kelet-ázsiai tudósok, Okuda és Takahashi szintén a rizzsel, de annak szilíciumakkumulációs képességével foglalkoztak. Vizsgálataik során megállapítást nyert, hogy a rizsrügy szállítószövetébe történő kovásv beoldódás egy meghatározott koncentrációgrádiens mentén történik, ami a korábbi vizsgálati eredményeknek (részben) ellentmondott. Délkelet-Ázsia korai agrikultúráját rekonstruálta, illetve a térség flórájának fitolitkataszterét készítette el Kealhofer és Piperno.

Ausztrália, Új-Zéland, a mikronéziai szigetvilág és az Antarktisz

Az ausztrál kontinensről ismert első közlemények közül való Baker 1959-es munkája, amely több talajtípus és ún. vörös esők maradványainak (v.ö.: Ehrenberg és Darwin kutatásai) mikroszkópi vizsgálatát adja közre.

A *Colocasia esculenta* (magyar nevén hasznos táró) új-zélandi, illetve pápua új-guineai területeken történt terjedését komplex mikro-paleontológiai módszerekkel próbálták felderíteni. Ennek része volt a fitolit-, pollen-, keményítő- és diatomamaradványok együttes vizsgálata is.

Ausztrál kutatók többek között arra keresték a választ, hogy az ún. „statikus” vagy „dinamikus fitolithipotézis” igaz-e a talajok morfortípus-összetételének tekintetében. A New South Wales állambeli erősen bioturbált, vékony [E]-szinttel (kilúgozott szint) rendelkező és jól fejlett oszlopos szerkezettel bíró szolonyecektől, valamint podzoloktól várták a választ. A szolonyecekben a fitolitok minden esetben a szerves anyagban gazdag [A]-szintben mutattak felhalmozódást, majd csökkenő tendenciát a szelvényben. Ugyan a talajfauna-aktivitás nagymértékűnek mutatkozott, a szerzők csak közvetlen kapcsolatot véltek felfedezni a fitolitok vertikális elmozdulása és az állatok tevékenysége között. Mikromorfológiai vizsgálatokkal kiegészítve kutatásaikat arra a megállapításra jutottak, hogy a fitolitok és diatomavázak az állatjáratok és nagyobb pórusok mentén mozognak a víz hatásának köszönhetően. Újrarendeződésük is elsősorban vízmozgás, és csak másodsorban bioturbáció következménye.

Paleozoikumból származó növényi opálszemcsékről számolt be 1999-ben egy ausztrál kutató, aki az Antarktiszon végzett vizsgálatok közben devoni és permi kőzetanyagból tudott opálszemcséket feltárni, amelyek az egykori Gondwana flórájának hírmondói.

A növényi opálszemcsék kutatásának közel 180 éves történelme több helyszínen íródott. Az Egyesült Államok tudományos világa Európa világotató és korszakalkotó tudósainak kezdeti munkáira építkezett. A 20. század utolsó harmadától már kiegyenlítettőbb a kép. A kezdeti bizonytalan lépések és a rendszeres leíró kutatások gazdag elméleti alapot szolgáltatottak arra, hogy ezek a növényekben termelődő, szervesetlen mikrotüstestcskék fontos eszközévé váljanak a környezetrégészeti, az őskörnyezettan és a történeti ökológia tudományának.

A POLLENKUTATÁS KÜLFÖLDI FEJLŐDÉSÉNEK RÖVID TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE

A környezettörténeti és archaeobotanikai irányultságú pollenelemzés a fosszilis pollenek és spórák vizsgálatának, leírásának, értelmezésének tudománya, amelynek segítségével egyfelől a vegetáció hosszú távú változása nyomon követhető, illetve régészeti növénytani alkalmazásként az ember és környezet, valamint az ember és növényvilág kapcsolata megismerhető, történetisége feltárható.

A pollenanalízis egyedülálló betekintést nyújt a hosszú távú ökológiai folyamatokba, megmutatja az egykori ökológiai mintázatokat, a növényzet választását az éghajlatváltozásra. Alkalmas az ember megjelenésének bizonyítására is, hiszen tükrözi az ember természetalakító tevékenységét és a korai mezőgazdaság elterjedését is. Ennek megfelelően a pollenstratigráfiai eredmények nagymértékben átalakították a negyedidőszaki glaciális és interglaciális ciklusok éghajlatára és növényzetére vonatkozó elképzeléseket.

A növények által termelt pollen milliárdos mennyiségben van jelen a levegőben. Szállítása főként szél által történhet, amelynek révén széles körben és egyenletesen terjed, majd különféle üledékes környezetben kiülepszik, mint például a tengerek aljzatán, tavak mélyén, tőzeg-, talaj- és humuszrétegekben. Az üledékek pollenkoncentrációja nagyon magas, egyes tavakban gyakran köbcentiméterenként 10^3 – 10^5 pollenszem is előfordulhat. A pollenelemzés egyik fő előnye, hogy időben is be tudjuk határolni az üledékmintában lévő polleneket, azaz nemcsak térbeli adatokat nyerhetünk, hanem a pollenek korát is meg tudjuk határozni.

A pollenszemek és spórák tanulmányozásának történetét Wodehouse gyűjtötte össze 1935-ben, majd ötven év múlva Ducker és Knox is megírta a pollenvizsgálatok modern történeti összefoglalóját. E két mű alapján részletes képet kaphatunk a pollen- és spóravizsgálatok történetéről.

A pollenkutatások szorosan kapcsolódnak a növényi anatómia és morfológia tudománya, valamint a mikroszkóp technikai fejlődéséhez. Az első mikroszkópot a Jansen testvérek hozták létre az 1600-as években, majd 1625-ben Feber nevezte el mikroszkópnak (microscopium). A virágpór mikroszkópos vizsgálatát elsőként Grew végezte el 1641-ben Nagy-Britanniában, az első tudományos vizsgálatok pedig egy olasz tudós, Malpighi nevéhez fűződnek, aki 1675-ben a virágporszemeket méretük és színük alapján különítette el. Camerarius 1694-ben felismerte a pollen hímivari és megtermékenyítő jellegét, ezt követően a 18. században számos tudós tanulmányozta a pollenszemek és spórák biológiáját, különös tekintettel a virágpór megtermékenyítő képességére.

A 19. században a mikroszkópok fejlődésével a pollen és a spórák felépítését német tudósok – von Mohl és Fritsche – katalogizálták, majd Brown 1809-ben felvetette, hogy a pollent fel lehetne használni a magvas növények rendszerszerű vizsgálatához. Ennek céljából Brown illusztrátora, Bauer elkészítette 175 virágpór jellemzését. 1834-ben von Mohl 1700 faj vizsgálata alapján megalkotta az első pollenrendszert.

Németországban 1838-ban Goepfert rajzokat is készített a pollen- és spórafossziliák jellemzésekor. Reinsch 1884-ben publikálta egy fosszilis spóra első mikrofényképét, ezért a tiszteletére ezt a spórát Schopf „Reinschospóra”-nak nevezte el 1944-ben. Weber 1893-ban rájött arra, hogy a pollenanalízis során nyert adatokból a környezet története kiolvasható, és ezek rétegtani vizsgálatokhoz is felhasználhatók.

A 19. század végén és a 20. század elején a skandináv területeken egyre fontosabbá vált a klimatikus hatások problematikája a negyedidőszak végének vegetációtörténetében. Ennek köszönhetően a virágpór elemzés az 1900-as évek elején hatalmas ütemben kezdett el fejlődni, hiszen az ősnövénytani kutatásokban jelentős előrelépést jelentettek a svéd kutatók megállapításai. Meg kell említeni Andersson, Sernander, von Post nevét, akik felismerték és leírták a legfontosabb éghajlati és vegetációs fázisokat a Skandináv-félsziget déli részén.

1876-ban Blytt vitát kezdeményezett a negyedidőszak végi vegetációtörténet klimatikus hatásairól, s ez a vita az 1910-es stockholmi Nemzetközi Geológiai Kongresszuson még inkább kiéleződött. Blytt vitapartnere Sernander, von Post tanára és munkatársa volt, aki azt vallotta, hogy a régóta vitatott probléma megoldására egy új rendszert kell kifejleszteni.

Zólyomi Bálint botanikus és paleobotanikus 1936-ban így ír az akkori eseményekről: „A letűnt korok éghajlatának ismerete különösen fontos. Már az 1905. évi bécsi nemzetközi botanikai és az 1910. évi stock-

LENNART VON POST

(1884–1951)

Ernst Jakob Lennart von Post a svédországi Johannesbergben született 1884. június 16-án. Édesapja a svéd hadsereg jogásza volt, édesanyja a fia születését követő évben elhunyt, így a kis Lennartot édesapja nevelte fel. Középiskolai tanulmányait követően 1901-ben az uppsalai egyetemen tanult tovább. A zoológia érdekelte, de tanára, A. G. Högbom hatására végül a geológiát választotta.



1902. március 5-én Rutger Sernander előadást tartott a svédországi Gotland-sziget mocsarairól, amelyeket mezőgazdasági művelésbe kívántak vonni. Rutger Sernander megbízta von Postot, hogy készítse el egy tanulmányt a Mästermyr mocsár fejlődéstörténetéről. E tanulmány elég későn, majd negyed évszázad múlva, 1927-ben került nyomtatásba. Von Post első tudományos eredménye a gotlandi Littorina-fal geológiai leírása volt, amellyel 1903 őszén készült el. Egyetemi tanulmányait 1907 decemberében fejezte be. Diplomadolgozatát Norrland tőzegmocsarairól írta. Miközben a mocsarak történetét próbálta feltárni, nehézségekbe ütközött a mocsarak korának meghatározásánál, mivel azt csak archaeológiai adatok alapján tudta megbecsülni. Kutatását így is elég kiemelkedőnek találta az akkori tudományos élet ahhoz, hogy az ekkor még huszonegy éves von Postot Linné díjjal tüntessék ki. 1908-ban csatlakozott a Svéd Geológiai Intézethez, ahol huszonegy évig dolgozott. Itt születtek leghíresebb tanulmányai, és ebben az időben vált a tőzegterületek ismert kutatójává.

Geológiai kutatásai mellett vegetációtérképezéssel is foglalkozott. Ő készítette el elsőként több svédországi mocsárterület vegetációtérképét, amely nemzetközi szinten is az első tanulmányok között szerepel. A környezettörténeti pollenelemzéshez Sernander vezette el. Stratigráfiai alapokra helyezte a pollenelemzést, ami a lucfenyőhatár bevezetését eredményezte. Később azonban rájött, hogy ez nem elégséges, így a Weber-féle Grenz-horizont igazolásánál létrehozta a Picea/Pinus aránytáblázatot az egymást követő rétegekben, majd megalkotta a nyírhatárt. Végül felismerte, hogy ez sem kielégítő, így az összes arboreal pollenre kiterjesztette a vizsgálatot. A kapott adatok alapján a pollenspektrumok egymás fölé helyezése révén pollendiagramot készített, amelyet üledékrétegekkel együtt értelmezett. A pollendiagramok segítségével hasonlóságot mutatott ki lokális területeken és különbségeket a regionális területeken, s ezáltal a növényzet változását párhuzamba tudta állítani az idővel. E módszer létrehozásával tökéletesítette Lagerheim és Weber módszereit. Eredményeit 1916-ban Christianiában (a mai Oslo) a természettudósok tizenhatodik skandináviai találkozásán mutatta be. 1929-ben a stockholmi egyetem professzora lett. Számos elismerésben és kitüntetésben részesült. 1939-ben a Svéd Királyi Tudományos Akadémia tagjává választották. 1951. január 11-én halt meg.

Korábban csak kevesen foglalkoztak pollenvizsgálattal. Von Post eredményei megmutatták a pollenanalízisben rejlő környezettudományi lehetőségeket, és így mind több kutató kezdte alkalmazni a módszereit. Egyre több sikeres negyedidőszaki geológiai és paleobotanikai tanulmány született, amelynek eredményeit a pollenanalízisre alapozták. Tudásunk a negyedidőszaki növénygeográfiáról robbanásszerűen kitágult, és a pollendiagramok tisztán megmutatták az egymást követő periódusokat.

holmi geológiai kongresszus egyik fő tárgya volt a jégkor óta, tehát a geológiai jelenkorban lejátszódott éghajlat-ingadozások és az ezzel kapcsolatos növényzeti változások kérdése. Mint az ellentétes véleményekből kiderült, akkoriban még nagy bizonytalanság uralkodott ezekben a kérdésekben. Azóta különösen a skandináviai államok kutatói hatalmas lépéssel vitték előre erre vonatkozó ismereteinket. A svéd Lagerheim új módszert dolgozott ki, a pollenanalízist, és ezt később Post és Erdtmann továbbfejlesztette”.

Hasonlóképpen gondolkodott von Post is, aki az 1916-ban Kristianiában tartott skandináv konferencián mutatta be először új pollenanalitikai módszerét. Még ugyanebben az évben egy másik konferencián előadást tartott az eredményeiről, amelyről rövid összefoglalóként 1916-ban megjelent egy kisebb értekezése. Adatai alapján a pollenspektrumok egymás fölé helyezésével pollendiagramot készített, amelyet üledékrétegekkel együtt értelmezett. A pollendiagramok segítségével hasonlóságot mutatott ki a lokális területeken és különbségeket a regionális területeken. Ezáltal a növényzet változását párhuzamba tudta állítani az idővel. Habár a virágporelemzést fejlesztették és tökéletesítették az évtizedek során, az alapvető módszer mindvégig ugyanaz maradt.

Von Post tudományos iskolát alapított, amelyből sok kiváló kutató került ki, mint például a svéd Erdtman, a dán Iversen, az angol Godwin, az osztrák Firbas, a lengyel Szafer, a magyar Zólyomi. Azonban von Post nem volt jártas az idegen nyelvekben, művét svédül és németül adta ki, emiatt nem volt lehetősége a pollenanalízis mint új tudományág népszerűsítésére Skandinávián kívül. Ez a feladat Erdtmanra hárult. Neki köszönhetjük von Post első jelentős, a pollenanalízis alapkövének tekintett művének lefordítását angol nyelvre 1967-ben.

Pollenanalitikai vizsgálatokat a 19. század végéig főként Svédországban végeztek, majd 1919-ben Norvégiában és 1920-ban Dániában már alkalmazták ezt a módszert. Egy svéd botanikus, Lagerheim feljegyzéseket írt a meglehetősen kezdetleges pollenspektrumról Blytt, Sernander és mások geológiai és paleobotanikai tanulmányait felhasználva, majd kísérletei alapján bemutatta, hogy a vegetációs változások nyomot hagytak a neogén időszak éghajlattörténetében.

Fontos kiemelni Faegri nevét, aki a norvég pleisztocén-holocén időszak vezető palinológusa és a beporzási mechanizmusok vizsgálatának lelkes megszállottja volt. Munkássága révén hozzájárult, hogy a paleopalinológia *Pollenelemzés* (Pollen Analysis) című, méltán híres tankönyve megjelenessen.

Meg kell említeni az orosz és amerikai kutatókat is, többek között Neustadt, Naumova, Bolkhovitina, Zaklinskaya, Wilson, Schopf, Moore, Downie és Traverse nevét, akiknek munkája szintén kiemelkedő e témában.

A 20. század második felétől fejlődésnek indult a pollenkutatás, de már sokkal fejlettebb eszközökkel: fénymikroszkópokkal, scaningg elektronmikroszkópokkal (SEM) vagy transzmissziós elektronmikroszkóppal (TEM) dolgoznak a kutatók. Ultramikrotóm technikákkal és transzmissziós elektronmikroszkóp (TEM) használatával az elmúlt években jobban megismertük az *exine* (a pollen külső burka) belső szerkezetét.

Az alapvető palinológiai kutatásokon alapuló internetes adatbázisok száma napjainkban egyre növekszik. A Global Pollen Adatbázis (GPD) létrehozásának célja az volt, hogy a szerte a világban fellelhető negyedidőszaki fosszilis pollenadatokat összegyűjtse.

Birks és Huntley összegyűjtötte az európai pollenadatokat, majd Huntley és munkatársai révén 1989-ben elkészült az Európai Pollen Adatbázis (EPD), míg az Észak-Amerikai Pollen Adatbázist (NAPD) 1990-ben hozták létre. Az EPD szervezői és a NAPD munkatársai révén együttműködés kezdődött az azonos adatstruktúra kialakítására. Később felvették a kapcsolatot számos más pollenadatbázis fejlesztőivel is, többek között 1994-ben a Latin-amerikai Pollen Adatbázis (LAPD), 1995-ben a Szibériai és Orosz Távolkeleti Pollen Adatbázis (PDSRFE), 1996-ban az Afrikai Pollen Adatbázis (APD), majd az Indo-csendes-óceáni és a Japán Pollen Adatbázis fejlesztőivel.

Az archeológusok is gyorsan felismerték a pollenanalízisben rejlő új lehetőségeket. A módszer egyik legelső alkalmazása az volt, hogy segítségével meghatározták a relatív datálást egy helyszínen, illetve több helyszín között. Azokon a területeken, ahol a vegetáció változása a holocén vagy a késő pleisztocén során rekonstruálható tőzeglápok, valamint tavi üledékek vizsgálatával, a pollene gyűttesek a régészeti feltárásokkal összevethetők, és meghatározható az emberi letelepedés kezdete. A pollenanalízis másik korai felhasználása az ember természetére ható befolyásának vizsgálata. Iversen (1949) pollenadatok alapján határozta meg a neolitikum kezdetét Dániában.

Az 1960-as évekre a régészek a pollenanalízist már széles körben használták. Európában Dimleby volt aktív ezen a területen az 1970-es évek során. További aktív kutatók: Zeist (1967), Wright (1984), Bryant és Murry (1982). Dimleby javasolta az abszolút pollengyakoriság használatát a relatív pollenmennyiség helyett (a százalékarány a pollenösszegezen alapul). Habár az abszolút pollengyakoriság használata még mindig nem annyira gyakori, mint a relatív értékek használata, talajminták esetén Dimleby meggyőző érveket sorakoztat fel az abszolút pollengyakoriság használata mellett az üledékes minták használatával szemben.

A POLLENKUTATÁS HAZAI FEJLŐDÉSÉNEK RÖVID TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉSE

A 20. század elején kezdődött el a Kárpát-medence negyedkori vegetációtörténetének feltárása. Már a 19. században, pontosan 1856-tól kezdve Kovács Gyula paleobotanikai kutatása révén folytak pollenanalitikai kutatások, de a negyedkori fossziliákról csak a következő század elején jelentek meg tanulmányok, addig csak geológiai tanulmányokban találunk említést „vizinövények vagy lomblevelék lenyomatai” megnevezéssel. Az 1900-as évek elején kezdtek el adatokat közölni botanikusok és paleobotanikusok: mindegyik előtt Gustav Kintzler, Tuzson János, Szepesfalvi János, Boros Ádám, Hollendonner Ferenc, Sárkány Sándor, Stieber József és Scherf Emil. Az első virágporszem- és spóraelemzéseket Moesz Gusztáv végezte 1926-ban. Később 1928-ban és 1930-ban Szepesfalvi, majd 1935-ben Scherf is közölt palinológiai eredményeket, annak a növényföldrajzi felismerésnek a jegyében, hogy a jelenkori folyamatok megismeréséhez és megértéséhez vissza kell nyúlni a múltbeli eseményekig, vagyis a jelen a múlt ismerete nélkül nem érthető meg. Ennek köszönhetően az 1950-es évekre már megjelentek tanulmányok hazánk holocén vegetációtörténetének tárgyköréből, és több fontosabb kérdés tisztázására – például a magyar puszta eredetét illetően – születtek különböző elképzelések, teóriák. Ebben az időszakban kiemelkedő szerepet játszott a magyar palinológia a történeti növényföldrajz fejlődésében. A debreceni Tisza István Tudományegyetem Növény-tani Intézetének vezetőjeként Soónak lehetősége nyílt arra, hogy elkezdje a magyar föld vegetációjának kutatását a ma „debreceni iskola” néven ismert nyugat-európai zürich-montpellier-i iskola módszereivel.

Tanítványai, köztük Zólyomi Bálint, Máthé Imre, Ujvárosi Miklós, Balázs Ferenc és Felföldy Lajos egyrészt Soó Rezső programjában vettek részt, másrészt pedig más területekre specializálódtak, ahol úttörő munkát végeztek és kiváló eredményeket értek el. Ilyen területek voltak a palinológia és a klimatológia, ahol Zólyomi Bálint a tőzeglápok pollenanalitikai vizsgálatával az 1930-as évektől megalapozta hazánk jégkorszak utáni vegetációfejlődéséről alkotott ismereteinket. Kutatásai során alkalmazta és később tökéletesítette a vegetációtörténeti pollenanalízis módszerét. Legnagyobb jelentőségű munkája a Balaton negyedkori üledékének palinológiai feldolgozása volt, amelyben bemutatta a növénytakaró posztglaciális fejlődéstörténetét, és új eredményre jutott a tő korát illetően is.

Az ország különböző pontjain végzett pollenelemzések tovább finomították ismereteinket: 1951 és 1960 között Vozary Elemér, Csinády Gerő és Éltető Hajnalka a Nyírség és peremvidékei – a Bodroglak és a Bereg-Szatmári-síkság – vízrajzi kutatásában ért el pollenelemzés alapján kimagasló eredményeket. A 20. század vége és napjaink legmeghatározóbb kutatói között tartjuk számon Járainé Komlódi Magdát, Juhász Miklóst, Juhász Imolát, Kedves Miklóst, Kordos Lászlót, Magyarai Enikőt, Medzihradsky Zsófiát, Miháltzné Faragó Mária és Nagyné Bodor Elvirát.

Járainé Komlódi Magda eredményei a hazai vegetációtörténet és a környezetvédelem szempontjából is jelentősek. Őt tekintjük a hazai pollenallergia-kutatás egyik megalapítójának. Járainé Komlódinak köszönhetően 1966-ban elkészült a magyarországi Würm első részletes botanikai feltárása pollenanalízis segítségével. Meghatározta – 1966-os, 1969-es, 1987-es eredményei révén – az Alföld januári, júliusi és éves középhőmérsékletének változásait a holocén teljes időszakában.

A korazonosítás geológiai alapon pollen- és faszénleletek, valamint fosszilis csigák vizsgálatával történt. Fontos megemlíteni, hogy Járainé Komlódi vizsgálatai radiokarbon korolás nélküli pollendiagramok.

Félegyházi, Borsy és munkatársai révén az 1980-as évektől sikerült meghatározni az Északkelet-Alföld feltöltődött folyómedreinek korát. 1988-ra elvégezték az Északkelet-Alföld Würm jégkorszaki folyóvízhálózatának rekonstruálását, majd 1998-ban megszerkesztették a Berettyó-vidék folyóhálózatának alakulását az utolsó 20 ezer évben. Félegyházi pollenadatainak többsége azonban radiokarbon módszerekkel is korolt, így vegetációrekonstrukcióhoz felhasználható. Az 1990-ben indult angol–magyar paleoökológiai együttműködésnek köszönhetően számos alföldi és északkelet-magyarországi területen történtek vizsgálatok. Ezeket az eredményeket és a radiokarbon adatokat felhasználva még tisztább képet kapunk a vizsgált területek növényzeti változásairól, valamint a régészeti adatokkal való párhuzamba állításukkal az emberi megjelenéssel és természetalkító tevékenységgel kapcsolatos újabb ismeretekkel is gazdagodunk.

1991-ben a korábban összegyűjtött adatok és a pocokfauna alapján elkészült Magyarország globális léptékű felső pleisztocén klímastratigráfiai rendszere. Majd egy évvel később Mollusca-, Gastropoda- és pollenleletek segítségével részletes összefoglalót készítettek a Würm és a késő glaciális paleoökológiai viszonyairól.

A FITOLITKÉPZŐDÉS NÖVÉNYBIOLÓGIAI HÁTTERE

A fitolit szó a görög *phyto* (növény) és *lithos* (kőzet) szavakból ered, és a növényekben képződő kőzetkeménységű, ezért talajban, üledékben tartósan, szinte változatlan formában megmaradó szilícium-dioxid tartalmú szemcséket jelenti. Az elnevezés Christian Gottfried Ehrenberg német természettudóstól ered. A fitolit kifejezésre szinonimként használt szavak a kovatest, kovaszemcse, kovás sejt, kovasejt, opálszemcse, opál fitolit, növényi opál, füopál, növényi opalit vagy biogén opál.

Számos növényfaj egyedei egészen egyedfejlődésük korai stádiumától kezdve kovasavat vesznek fel a talajból a gyökérszöveten keresztül, aktív és/vagy passzív transzporttal, pH 2-9 közötti kémhatású talajoldatból. A kovasav a xilém rendszer segítségével a növény minden szervébe eljuthat. Pillanatnyilag kétféle ioncsatornát ismerünk, amelyek bizonyítottan felelősek a szilícium sejtmembránokon keresztüli transzportjáért, ezek az Lsi1 és Lsi2 jelű proteinek. A növények szövetébe érkező kovasav polimerizálódik, és hidratált szilícium-dioxid formában ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) zárványokban halmozódik fel, akár bizonyos sejtek lumenében, akár a sejtfalban, akár a sejt közötti járatokban. Mindeközben a sejt plazmájának kémhatása pH 5-6 közé csökken, ami a sejt plazma degenerációjához és a sejt összeomlásához vezet. Egyes tanulmányok szerint a kova megközelítőleg 10 nm átmérőjű pálcikák formájában szilárdul meg, és a pálcikák a sejtfalak irányából a sejt középpontja felé növekszenek, illetve számuk is nő. Ez a strukturáltság azonban megkérdőjelezhető, mivel a kovasav-polimerizálódás folyamatának tanulmányozása az élő sejtben nehézségekbe ütközik, és nem

kizárt, hogy a leírt ultrastruktúrák a vizsgálati protokoll műtermékei csupán. Különösebb előkészítés nélkül preparált, légszáraz lucfenyő-tülevelek hosszszelvényén megfigyelt különböző telítettségű tracheidákat mutat be a 2. ábra, ahol kovapálcikák nem, inkább gömbös struktúrák figyelhetők meg. Az bizonyos, hogy a fitolitok víztartalma 4% és 9% között mozog, és az amorf kova idővel kristályszerkezetűvé válhat.

A sejtfalat merevítő, a sejtet teljesen kitöltő vagy a sejt közötti járatokban halmozódó amorf SiO_2 szemcséknek jellegzetes alakja, mérete és szövetbeli eloszlása van (61. ábra). Az állandósult szöveteket tekintve fitolitok leggyakrabban az epidermiszben képződnek, de a xilém vízszállító csöveit, a tracheákat és a tracheidákat is szilárdíthatja kova. A szilárdítószövetek rostjai is szilifikálódhatnak, a fászsárúak parenchima-sejtjeiben pedig ún. kovahomok képződhet. A növényi szerveket tekintve a fitolitok a levelekben fordulnak elő leggyakrabban, és a gyökérben a legcsekélyebb mértékben.

A fitolitoknak jelentős lehet a szén- és nitrogéntartalma, mert a fitolitok felületén vagy belsejében egyaránt fellelhetők lehetnek a citoplazma anyagai, valamint a sejtfal cellulóz- és lignintartalmának maradványai. Ezen kívül alumínium, klór, réz, vas, mangán, foszfor és titán jelenléte szintén gyakori. A fitolitok optikailag izotrópok, többnyire színtelenek vagy világosbarnák, opálosak. A sötétebb szín magasabb széntartalomra utal. Fajsúlyuk 1,5–2,3 g/cm³ értékek között mozog.

A növényfiziológiai szakirodalomban elvétve találunk a szilícium jelentőségére történő utalást. Néhány

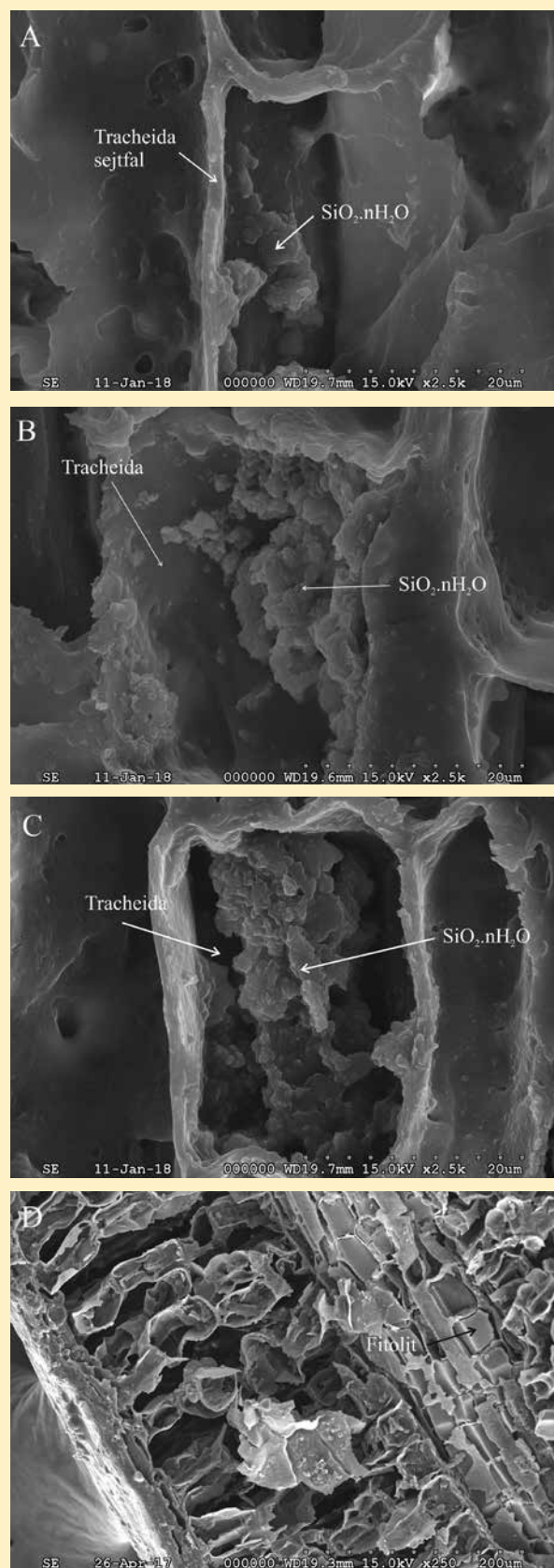


61. ábra. Réti perje (*Poa pratensis* – Poaceae) levél epidermiszének fitolitjai. a) Az epidermisz hosszú sejtjeiből ábrázoló fitolitok. b) Az epidermisz rövid sejtjeiből ábrázoló fitolitok (a vízszintes vonal 10 μm -t jelent)

forrás növényi mikroelemnek, számos munka azonban a növények normál növekedési feltételének tekinti. Kétségtelen, hogy a szilícium növényélettani szerepe különböző az egyes növénycsaládokban. Körtani szemzőgből vizsgálva azt állapították meg, hogy minél több szilícium-dioxidot halmoz fel egy növény, annál hatékonyabban védekezik a kórokozó gombák ellen. Más eredmények szerint a szilícium-dioxidnak a növény anyagcseréjében és a sejtfal szilárdításában is nagy szerepe van. A kovafelhalmozás másik legfontosabb növényélettani hatása irodalmi adatok szerint az, hogy a kovasav fokozott felvétele csökkenti a légzés okozta vízvesztést, a növények szárazságtűrése fokozódik.

A biogén szilícium feltételezett és nyilvánvaló növényélettani szerepéből sejthető, valamint kutatások is alátámasztják, hogy a kova halmozása, a fitolitok képződése genetikailag meghatározott folyamat. A hajtásos növények körében a harasztok, a nyitvatermők és a zárvatermő egy- és kétszikűek között is találunk kovatesteket képző taxonokat. A kovatestek a pázsitfűfélék családjára (Poaceae) kifejezetten jellemzőek, és főként a levél, a virágzati tengelyek és a száruk epidermiszében képződnek, de kisebb mennyiségben a szemtermésekben is előfordulnak. A pázsitfűvek epidermiszfelépítése fontos rendszertani jellemző, főként az epidermisz kovatestek alakja, mérete, száma, elhelyezkedése. A növényi fitolitikészletnek tehát taxonómiai jelentősége lehet a kalcium-oxalát kristályokhoz, keményítőhöz, tanninokhoz és egyéb nem protoplazmatikus anyagcsere-termékekhez hasonlóan, amelyek növénycsaládok megkülönböztető jegyei lehetnek. A fitolitok bizonyos mértékű taxonómiai relevanciája miatt eltemetett talaj- és üledékrétegek fitolitikészletéből becsülhetjük adott korok vegetációjának fajösszetételét, illetve kultúrflóráját.

A növényi opálszemcsék általában a szerves anyag elbomlása után válnak szabaddá és halmozódnak fel a talajban. 1 gramm növényi szárazanyagban 2-20 mg fitolit mutatható ki. A különböző környezeti feltételek okozhatnak fenotípusos plaszticitást a fitolitoknál, de a fitolitok formáját és pozícióját a környezet nem befolyásolja. Némely esetben növényi referenciaanyagot vizsgálva a kovatestek alakja elegendő lehet a helyes fajszintű elkülönítéshez. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy a legtöbb esetben szisztematikus morfológiai adatbázisokra épülő referenciaanyagokra van szükség a faj- vagy nemzetségszintű meghatározásokhoz. Ezt a fitolitok világában fennálló multiplicitás és redundancia jelensége is indokolja, amely sok esetben akadályozza, hogy szorosan megfeleltessük a fajt a fitolitikészletével. Ugyanaz a fitolit morfortípus ugyanis ugyanazon növényegyed különböző szöveteiben is kialakulhat, illetve egy adott faj/taxon is képezhet számos különböző morfortípust. Továbbá a taxonómiaiailag különböző rokonsági fokon álló fajok is képezhetnek hasonló morfológiai jegyekkel bíró fitolitokat.



62. ábra. A tracheida sejtlumen kovával történő telítődése (tracheida eredetű fitolit formálódása) lucfenyő (*Picea abies*) tűlevelének transzfúziós szövetében. Páztázó elektronmikroszkópos felvételek tűlevelél hosszszelvényről. A) B) C) Különböző mennyiségű kovát ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) halmozó tracheidák. D) Kovával telítődött tracheida, azaz jellegzetes formájú fitolit

A MIKROSZKOPIKUS NÖVÉNYI MARADVÁNYOK MEGTARTÁSI FORMÁI

NÖVÉNYI OPÁLSZEMCSÉK FELHALMOZÓDÁSI, TAFONÓMIAI JELLEMZŐI

A növényi opálszemcsék a növényi szerves anyag elbomlása után válnak szabaddá és halmozódnak fel a talajban, üledékben, antropogén környezetben. A klasszikus felhalmozódási, illetve lerakódási folyamatot több tényező befolyásolhatja, illetve több köztes részfolyamat teheti változatosabbá a szemcsék végleges depozícióját.

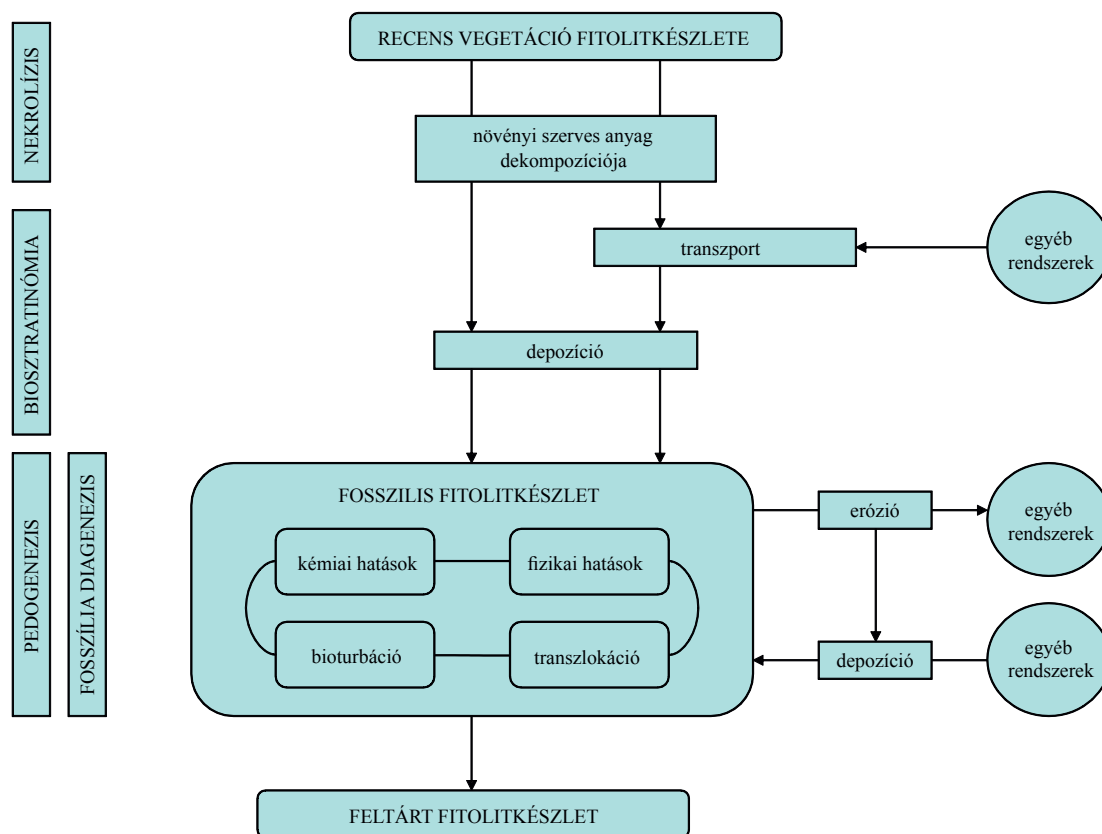
A növényi szerves anyag dekompozíciója után a talaj felső, A-szintjében halmozódnak fel az opálszemcsék, majd külső tényezők hatására megindul a fitolitok szelvénybeni passzív vándorlása, amely az adott talajra és vegetációtípusra jellemző fitolitprofil kialakulását eredményezi.

A növényi opálszemcsék környezetben való passzív szétterjedését segíthetik eolikus folyamatok (anemochor diszperzió), állati tevékenység (zoochor diszperzió), illetve a nyílt, arid tájakon a tűznek is fontos szerep jut. A régészeti lelőhelyeken feldúsuló fitolitok akár közvetett, akár közvetlen módon, de az emberi tevékenység eredményeképpen jelennek meg. Ebben a tekintetben külön kell választani a tudatos emberi használattal kapcsolatos növényekből származó fitolitikészlettől (pl. gazdasági vagy táplálkozási szempontból jelentős növényfajok) a véletlen behurcolás eredményeképpen megjelenő fitolitikészleteket (vö.: település szélein megjelenő növények, tűzrakáshoz használt faanyaggal behurcolt lombozat stb.).

Míg a pollenek általában egy tágabb környezet flórájának a hírmondói, addig a fitolitok az adott élőhely növényzeti képét tárhatják fel előttünk. Mindazonáltal ismeretesek olyan vizsgálatok, amelyek bebizonyították a növényi opálszemcsék széllel való terjedését. A legszebb példák erre a történeti részben bemutatott darwini és ehrenbergi tudományos együttműködésből született beszámolók, hiszen a Beagle fedélzetén gyűjtött szélhordta porból is számos *phytolitharia* szemcsét mutattak ki. Az afrikai partoktól 2000 kilométeres távolságban mélyített mélytengeri fúrás anyagában is találtak növényi opálszemcsét, amely szintén az eolikus diszperzió tényét, lehetőségét támasztja alá. Mindemellett többször bizonyítást nyert, hogy a fitolitelemzés általában nagyobb hatékonysággal alkalmazható a lokális, helyben élt flóra rekonstrukciójában, mint az eolikus folyamatok által erősen befolyásolt virágporszemek elemzése.

Nemcsak a szétterjedés, hanem az opálszemcsék tafonómiája is jelentős befolyással lehet a mintáink későbbi interpretációjára. Ebben a tekintetben a két legfontosabb, mindenképpen figyelmet érdemlő tényező az egyes fitolitok eltérő túlélési tulajdonságai (vö.: differenciált prezerváció), illetve a befoglaló közeg fizikai és kémiai paraméterei. Az első esetben a fitolit alakja, felületi kiterjedése és a származási (anatómiai) hely szilifikációs affinitása játssza a legfontosabb szerepet, míg a második tényezőnél a pH bír a legnagyobb jelentőséggel. Ebben a megközelítésben jó példák a lombhullató fafajok, amelyek leveléből, illetve terméséből készített recens növénytan referenciakollekciókban gyakran megfigyelhető lapszerű sejtfal-elkovásodásból származó formák nagyon kis gyakorisággal kerülnek elő talajból, és még kevésbé jellemzőek paleoökológiai kontextusban. A fitolitok visszaoldódási vizsgálatában bizonyítást nyert, hogy a lombhullató erdők fitolitjai a legkevésbé ellenállóak, míg a fenyőfélék tűleveleinek fitolitjai még a pázsitfű-fajok opálszemcséinél is tovább bírták a lúgos és savas kezeléseket. A befoglaló talaj/üledék alumínium- és vastartalma a szemcsék felületéhez kapcsolódva elősegíti a növényi opálszemcsék túlélését.

A növényi opálszemcsék szétterjedését az eróziós tevékenység is befolyásolja. Ez a folyamat azonban kétségű, hiszen a nem helyben keletkezett opáltestek felhalmozódása is fontos információtartalommal bír. Egyes kutatók szerint a mikrofossziliák, mint például a fitolitok, számos tafonómiai és transzportfolyamat eredményeképpen kerülnek végleges befoglaló közegükbe. A folyamat első lépése a növényi szövet nekrolízise, azaz az élő szövet elhalása és elbomlása, amelynek következtében a növényi opáltestek felszabadulnak. Ebben a tekintetben a tafonómia tárgyához tartozik a biosztratinómia (azon folyamatok összességét írja le, amelyek egy élőlény elpusztulása és végleges fosszilizációs helyzetbe kerülése között zajlanak le) és a fosszilizációs diagenézis is, amelyek az élőlények elhalás utáni sorsával foglalkozik. Esetünkben a kék tudományos, elvi megközelítése annyiban bonyolódik, hogy nem az adott élőlény esik át a fosszilizáció



63. ábra. Fitolitok depozíciójának és tafonómiájának elvi vázlata

folyamatán, hanem egy általa képzett, már eleve ellenálló, szervesetlen attribútuma kerül be a talaj/üledék-rendszerbe. A talaj/üledékrendszer fosszilis fitolitikészlete sok esetben nemcsak a helyben tenyésztett vegetáció, hanem külső, ún. egyéb rendszerekből is táplálkozhat (63. ábra). Ezek a példányok az alfejezet elején említett üledékszállítási módokon (állatok, szél és víz általi szállítás, valamint lejtős tömegmozgások) juthatnak az üledékgyűjtőbe.

Összességében elmondható ugyanakkor, hogy mindig az adott feladat, rekonstrukciós munka, illetve az adott táji környezet és a lehetséges egykori emberi hatások ismeretének integrálásával érdemes végiggondolni, hogy a mintánkból feltárt fitolitikészlet interpretációját mennyire másíthatja meg egy-egy fentebb említett szétterjedési, illetve szennyeződési folyamat. Ezek figyelembevételével érdemes korrigálni a felállított hipotéziseket.

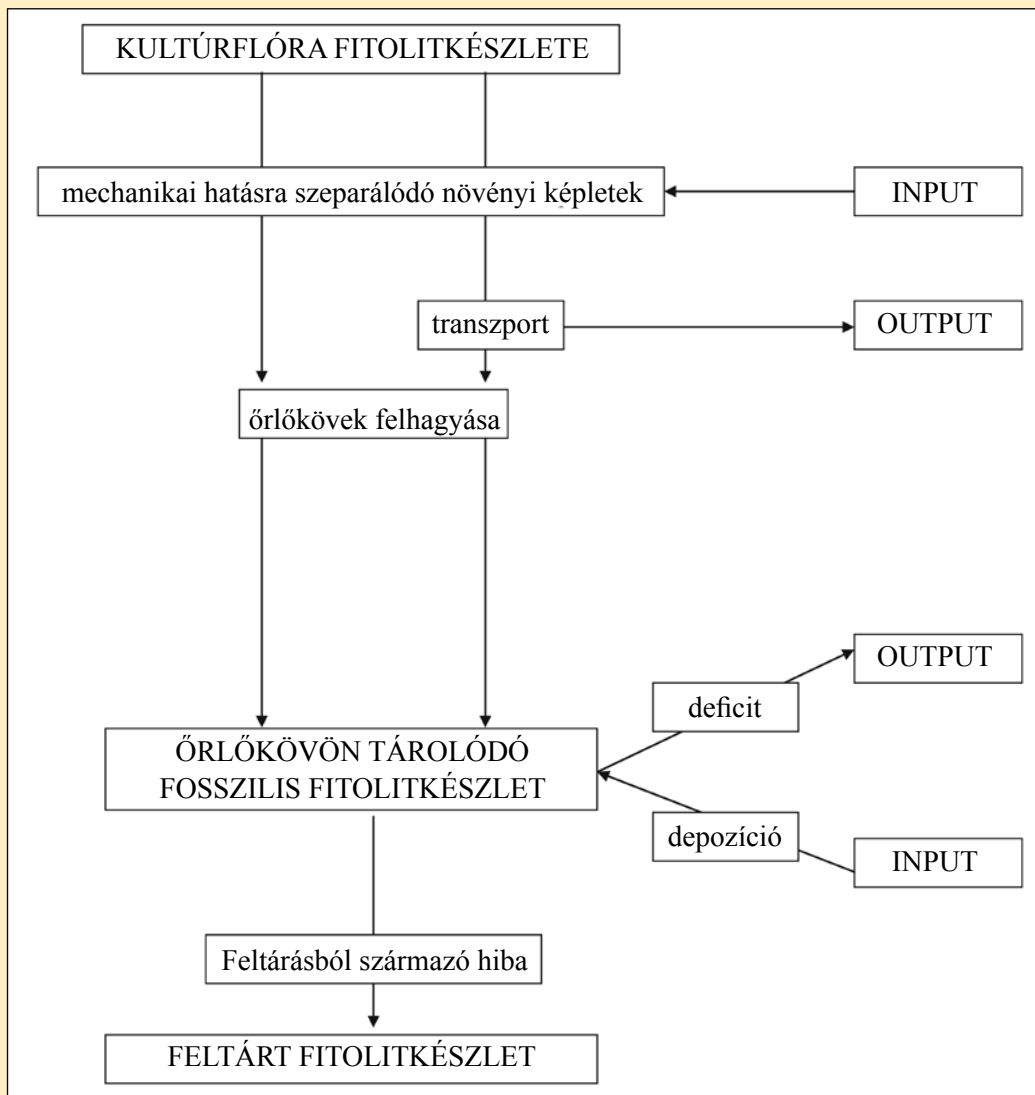
A POLLENEK FELHALMOZÓDÁSA

A virágzási időszak idején hatalmas mennyiségű (milliárdos nagyságrendű) pollen képződik, amelynek mérete 5–200 μm -ig terjed. Az egyik legkisebb (μm) pollenje a nefelejcsnek (*Myosotis*) van, a 200 μm nagyságú pollen pedig a tökfélékre (Cucurbitaceae) jellemző. A szélbeporzású növények – a túlevelűek legnagyobb része, számos zárva termő fa- és fűféle – sokkal több pollent termel, mint a rovarbeporzásúak. Például míg egy tízéves nyír (*Betula*), luc (*Picea*), tölgy (*Quercus*) egyetlen virágzata 100 milliót, a fenyőé 350 millió feletti virágport termel, addig a sóska (*Rumex acetosa*) egy hímivarú virága 400 millió pollent termel évente. Vannak olyan rovarbeporzásúak, mint például a hárs (*Tilia*) és a hangafélék, amelyek pollentermelése megközelíti a szélbeporzásúakét. Ebből a több milliárdos mennyiségből csak igen kevés „vész el” a megporzás során. A többi a levegőben elkeveredik vagy pollencsapadék formájában a talajra hull, majd lassan kiülepszik a talajba és betemetődik.

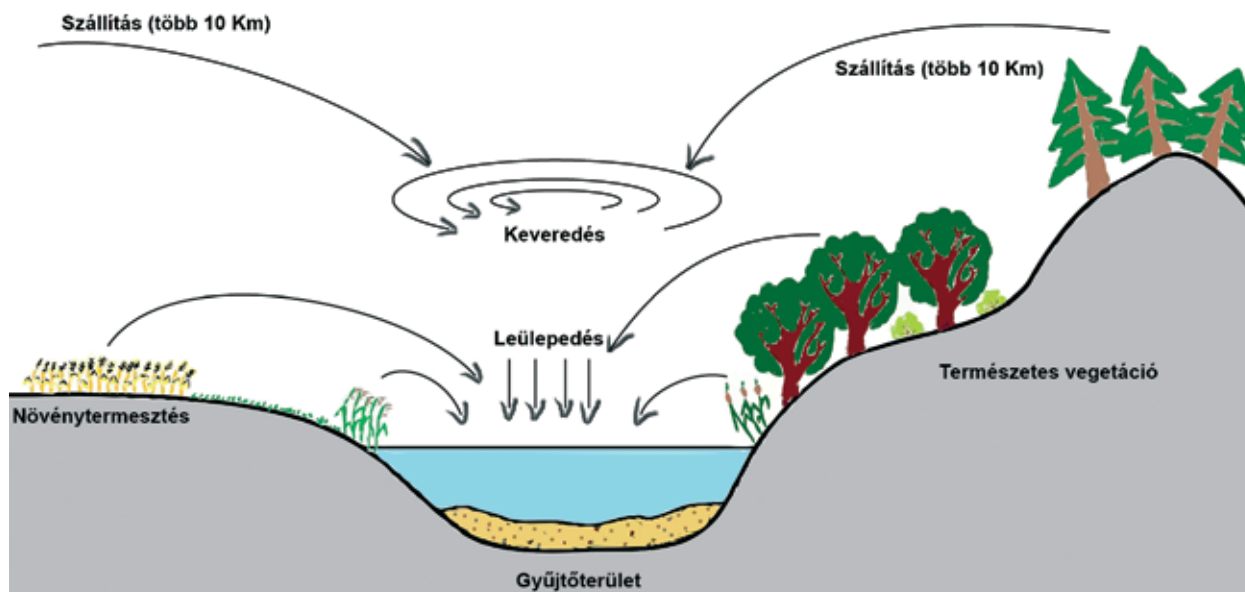
ŐRLŐKÖVEK FITOLITVIZSGÁLATÁNAK TAFONÓMIAI KÉRDÉSEI

Az őrlőkövekről feltárt növényi opálszemcse-együttes információtartalma elsődlegesen a feldolgozott növény taxonómiai hovatartozásától, illetve a feldolgozásra került növényi anyag anatómiai származásától függ (*primer fitolit input*). Az őrlőkő használata során bekövetkező fitolitvesztesség (*primer fitolit output*) mértékét a használati tárgy felújítása, esetleg kiegészítő jellegű, másodlagos funkciók betöltése is növelheti. Mindemellett valószínűleg jelentős eltérések jelentkeznek a fitolitok túlélése terén az őrlőkő felszíni jellegének függvényében (pl. repedéshálózatok, texturáltság, kopási tulajdonságok).

Az elemzés eredményeképpen kapott adatokat a másodlagos hatások, a lehetséges fitolitvesztesség (*szekunder fitolit output*) és másodlagos felhalmozódás (*szekunder fitolit input*) figyelembevételével szükséges értelmezni. Ezek a tafonómiai folyamatok az őrlőkövek utolsó használata, vagyis felhagyása és a megtalálás időpillanata között zajlanak. Ebben a tekintetben a fitolitok anyagi és mennyiségi prezervációját a befoglaló mikrokörnyezet (talaj-üledék rendszer) fizikai és kémiai hatásai éppúgy befolyásolják, mint az eltemetődés helyszínének későbbi növénytakarója által szolgáltatott növényi opálszemcsék additív szerepe (*szekunder fitolit input*). A kémiai hatások között kitéve szerep jut a talaj kémhatásának, amely szélsőséges értékek mellett megindíthatja a hidratált szilícium-dioxid visszaoldódását. A talajkémiai környezet mellett ugyanakkor – jelen vizsgálatban minden valószínűség szerint – döntő hatással bír egy-egy őrlőkő felszíni tulajdonsága is, amely belső, közzetani és egyben az ember szelekciós tevékenységével összefüggésbe hozható faktor limitálja a növényi opálszemcsék megtalálásának valószínűségét, feltárhatóságát és túlélését egyaránt.



64. ábra. Fitolitok fennmaradásának és tafonómiájának elvi vázlata



65. ábra. a) Pollenterjedés és lerakódás erdős területeken.
 b) Jégkori tavak (Latoritei tó a Páring-hegységben, Déli-Kárpátok) és c) tőzegmohalápok (Mohos-tőzegláp a Csomád-hegységben, Keleti-Kárpátok) üledékének sokrétű (multi-proxy) vizsgálatával számos információt nyerhetünk a negyedidőszaki klimatikus változásokról

1936-ban Zólyomi Bálint így írt a pollensapadékról: „Tudjuk, hogy erdőalkotó fáink java részének virágjait a szél porozza meg. Mind nagymennyiségű virágport termelnek, különösen a fenyőfélék. Minden tavasszal valóságos virágporfelhőket ragad magával a szél, és szór szét a táj felett. A virágporsemek csak elenyészően kis része jut el a rendeltetési helyére, a bibékre; túlnyomó többsége, különösen esőzések alkalmával, leülepedik. A Bóden-tó felszínét némely évben a védettebb öblökben sárgára festi a lehullott virágpor. Virágozik a tó, mondják a friedrichshafeniek”.

A talajba került virágpor egy része elpusztul a mikroorganizmusok által, vagy száraz helyre kerülve elkorrodálódik, oxidálódik. Ha azonban nedves, oxigéntől elzárt környezetbe kerül, redukzív körülmények között, jellemzően savas pH-jú közegben konzerválódhat. A konzervációt a pollen külső rétege, az *exine* teszi lehetővé, ugyanis ez a rész ellenálló, úgynevezett sporopolleninből épül fel, amely évmilliókon át képes a forma és a mintázat megtartására, és ezáltal a szubfosszilis pollen felismerhető marad.

Miután a virágpor pollensapadék formájában leülepszik a tó fenekére vagy az iszapba, újabb rétegek épülnek rá, és így a vegetáció összetételét megőrző rétegsor jön létre (65. ábra). Ez a rétegsor visszatükrözheti a környező terület vegetációjának összetételét. Persze az eredeti társulásokat nem lehet teljes egészében visszaadni, azonban a főként szél porozta növények pollenjei alapján rekonstruálni lehet a lerakódás

idejéből származó növénytakarót. Az elemzés során azonban figyelembe kell venni, hogy a megőrződött pollen milyen távolságból szállítódott a lerakódás helyére. A virágor ugyanis hatalmas távolságokat képes megtenni, a kutatók még az óceánok és a jégmezők feletti légrétegekben is találnak pollent.

A szél által szállítódó pollen legnagyobb része a forrástól 10–1000 méteren belül kiülepszik, kis része azonban hatalmas távolságokra is elszállítódik. A pollenanalízis módszerének egyik fő hátránya, hogy a kutatók a vizsgált pollen képződési helyét nem tudják biztosan meghatározni. Emiatt bizonytalan a vizsgálathoz vett minta pollentartalma, hiszen nemcsak a vizsgált terület közvetlen környezetét tükrözi, hanem a távolabbi vegetációt is. A pollen szállítódási és szétszóródási, leülepedési folyamatainak a megértése és tisztázása a feltétele annak, hogy a pollenanalízis a vegetációrekonstrukcióhoz megbízható és pontos adatokat szolgáltatson. A palinológusok már régóta próbálják megfejteni e folyamatok mechanizmusát. Felszíni mintavétellel határozzák meg, hogy a vizsgált terület pollentartalma hány százalékban felel meg az ottani növényzetnek.

A cserjeszintből szállítódó pollen a kis szélesség miatt csak néhány száz méterről kerül a rétegekbe. A lombkoronaszint feletti részekből azonban már több kilométernyi távolságból is szállítódnak virágor-szemek.

Medzihradzky szerint az aeropalinológia alapján „zárt erdőterületeken belül kis üledékgyűjtők esetében a legtöbb pollen a kibocsátó növénytől igen kis távolságon belül, gyakran már 50 méteres körzetben lecsapódik. Nyíltabb területeken, mint amilyen a legtöbb mintavételi helyünk is, nagyobb távolságból érkező pollenmennyiséggel és jelentősebb regionális pollenszóródással kell számolni”. Az elmúlt évtizedekben több szimulációs modellt is létrehoztak a pollenszóródás modellezésére és az eredeti képződési terület meghatározására. Az egyik leginkább alkalmazott a „Prentice-Sugita” modell, amelyet Iain Collin Prentice és Shinya Sugita fejlesztett ki. A modell fő célja, hogy jellemezze azt a virágor mennyiséget, amely bejuthat a mintavételi területre az üledékgyűjtő medence környezetéből, illetve ezzel párhuzamosan megbecsülje, hogy mennyi termelődött a medencében. A modell szerint a területre beáramló pollenmennyiség attól függ, hogy az üledékgyűjtő medence milyen távolságban van a virágor kibocsátó növényektől, a növényfajok pollentermelésétől és a pollen leülepedésétől. A virágor leülepedését Sutton pontforráson alapuló Gauss-egyenlet alapján határozták meg. Ezt az egyenletet légszennyezések modellezésénél alkalmazzák, például a füstfáklyamodell esetében, amely szerint a kialakuló koncentráció arányos a forráserőséggel, és fordítottan arányos a szélességgel.

Az, hogy milyen pollen rakódik le az adott területen, a virágorról való terjedéstől függ. A pollen virágorról történő terjedését azonban több tényező is befolyásolja: fontos a virágor tömege, morfológiája, a beporzás formája, a virágor adó növény térbeli helyzete, a széljárás, a terület felszíni növényborítottsága, a csapadékmennyiség stb. Shinya Sugita (1994) tapasztalatai szerint a tavak üledékében a nehéz pollen (például *Fagus*) 70%-a kis átmérőjű (50 méter) tó esetén 1,2 km-es körből származhat, míg a nagyobb átmérőjű (750 méternél nagyobb) tavak esetén 7 km-es távolságból is érkezik. Könnyebb pollen (például *Quercus*) esetén 10, illetve 40 km-es sugarú körrel kell számolnunk. Ezek alapján megállapítható, hogy minél kisebb az üledékgyűjtő terület (tó), és minél zártabb az azt körülvevő növényzet (erdő), a tavi üledék annál nagyobb százalékban tartalmaz a közvetlen környezetéből származó pollenszemeket. Ezt támasztja alá G. L. Jacobson és R. H. V. Bradshaw 1981-es tanulmánya is, miszerint ha az üledékgyűjtő medence átmérője kisebb, mint 200 méter, akkor a pollentartalma döntően extralokális, és a terület 20–1000 méteres körzetének vegetációs összetételét mutatja.

A vizsgálat szempontjából fontos azt is tisztázni, hogy az adott vízfelület esetén milyen volt a leülepedés. Csendes, nyugodt vízfelület esetén zavartalan a leülepedés és a rétegződés. Ebben az esetben az üledék kora megegyezik a benne lévő pollen korával. A könnyen felzavarodó iszap vagy ingadozó vízszintű tó azonban alkalmatlan az üledék megállapítására. Az üledékben annak képződési helye szerint lehetnek allochton anyagok, amelyek szállítottak, és így távolról kerültek a tóba, valamint autochton anyagok, amelyek helyben képződtek. Az autochton anyagok főként lápokra, míg az allochton anyagok inkább tavakra jellemzők.

MINTAVÉTELI MÓDSZEREK A MIKRO-ARCHAEOBOTANIKÁBAN

Régészeti szemszögből a legfontosabb annak eldöntése, hogy egy ásatás során a mikro-archaeobotanikával mint környezettudományos vizsgálati módszerrel milyen előnyökre lehet szert tenni, milyen kérdések megválaszolásában játszik kizárólagos vagy additív szerepet. Ezen elgondolások nyomán felmerülnek a „honnan” és „hogyan” kérdések. A mintavételi protokoll megtervezését kérdésvetéseknél kell megelőzniük, amelyek megfogalmazzák a későbbi vizsgálati célt. Definiált célok ismeretében dönthető el, hogy egy adott rétegsor vagy éppen sír mely pontjairól és milyen módszerrel történjen meg a mintavétel.

A vonatkozó módszereket több kritériumrendszer mentén is csoportosíthatjuk, de az egyszerűség kedvéért az alábbi kettős megosztást tárgyaljuk:

- üledékek, modern és eltemetett talajsintek, kultúrrétegek, valamint
- régészeti leletek, tárgyi eszközök, emberi maradványok mintázása.

A fenti, egyszerűsített felsorolásból kimaradt a recens vegetáció megemlítése, amelynek szisztematikus mintázása azonban nem képez(het)i a régész feladatát. A növényzet körültekintő és taxononként minden növényi szervre kiterjesztendő mintagyűjtése és katalogizálása a határozókulcsként működő növényi referenciakollekció létrehozásához szükséges.

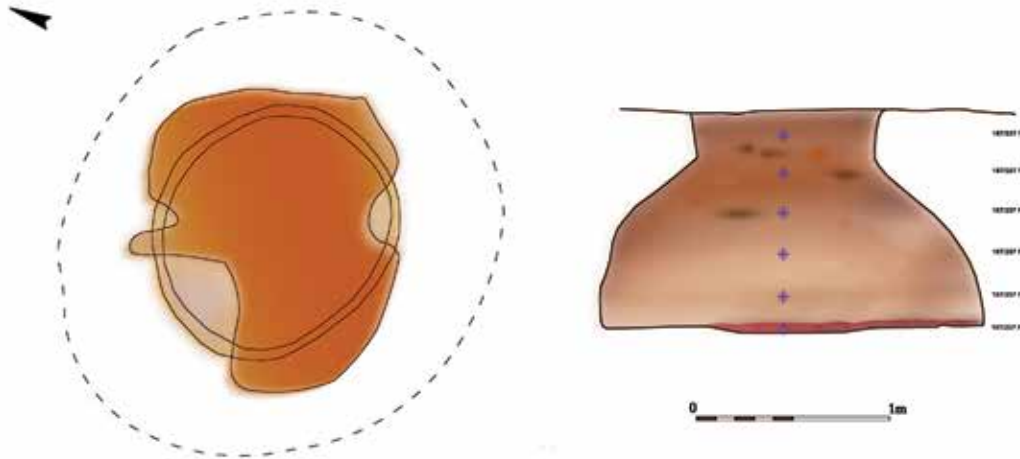
A fent említett közegek vizsgálata (régészeti szempontból) az alábbi kérdéscsoportok megválaszolására alkalmas:

- eltemetett talajsintek anyagát elemezve az egykori ősi járófelszín vegetációs (autochton felhalmozódás) jellemzőire következtethetünk, amely a vizsgált terület lokális környezeti viszonyait segít rekonstruálni;
- kultúrrétegek vizsgálatával tisztázható az adott térszín funkciója (pl. térhasználat-elemzés: tűzhely, őrlőhely, kertfunkciók, tárolóterületek), illetve megállapíthatók a feldolgozott/termesztett növény egyes jellemzői;
- növényi anyag feldolgozásához használt eszközökre (pattintott köpengék, őrlőkövek) szilifikálódott növényi opálszemcsék a feldolgozott növény fajtát, jellemzőit árulhatják el;
- sírok, temetők vizsgálatával tisztázható, hogy milyen növényi belső kialakítást (halottas ágyat) készített az adott kor embere;
- edénytartalom vizsgálatával táplálkozási szokások, növényfajok és jellemzőik, valamint feldolgozási módok deríthetők ki;
- fogkővizsgálatokkal szintén a táplálkozástörténeti elemzésekhez szolgáltatathatunk információt (pl. korok vagy nemek szerinti elemzésnél egy adott populáción belüli táplálkozási szokásokban mutatkozó eltérések is felderíthetők).

KULTÚRRÉTEGEK, TALAJOK ÉS EGYÉB ÜLEDÉKEK MINTÁZÁSÁNAK MÓDSZEREI

Régészeti növénytani szempontból egy korábbi emberi beavatkozás hatására módosult talajszelvény, rétegsor megmintázása két alapvető módon történhet.

Szelvénymintázás (oszlopmintázás) esetén egy megtisztított metszetszfalon jelöljük ki a mintavételi pontokat, és végezzük el a talajminták begyűjtését a helyszínen (ettől eltérően fúrásokból vagy a helyszínen készített monolitokból később a laboratóriumban is megvalósítható az oszlopban történő mintázás) (lásd még I.3.1. alfejezet) (66. ábra). Az oszlopban mintázás célja, hogy az idők folyamán egymásra települt rétegekről vagy egy természetes úton létrejött talajszelvény fejlődéstörténetéről nyerjünk információt. Ez a mintázási mód pontszerű információt szolgáltat, amely elsősorban egy időbeli fejlődési modell felvázolásához adhat támpontot. A mintázás gyakorlati kivitelezése úgy történik, hogy a metszetsfal méretéhez igazítottan a feltáráson használt bármilyen, a vizsgálat szempontjából steril, tehát rátapadt talaj- és növényi anyagtól mentes eszközzel megtisztítjuk a metszetszfalat. Szelvényben történő mintavételkor mindig alulról felfelé haladunk, hogy az alápergő talajanyag ne szennyezze a később megmintázni kívánt metszetszfalat. A mintavétel megkezdése előtt – az alapfelvétellel összhangban – kijelöljük a mintavételi pontok helyét.



66. ábra. Egy avar kori szemetesgödör metszetsfalán végzett függőleges mintázás mintavételi pontjai

Ezt megelőzi egy vázlatos, azonban a mintavételi helyek szempontjából jól nyomon- és visszakövethető rétegrajz elkészítése és a mintavételi pontok berajzolása. Gyakran felmerülő kérdés, hogy a mintázás rétegenként történjen-e vagy folytatólagosan. Természetesen az egy lelőhelyről begyűjtött minták száma és későbbi kiértékelése a feldolgozás precizitásától és sok esetben az ásatás finansziális lehetőségeitől függ, hiszen a mikro-archaeobotanikai elemzések jellemzően labor- és vegyszerigényes eljárások. Amennyiben egy metszetsfalat (genetikai szemszögből) homogénnek tekintünk – ehhez érdemes segítségül hívni talajtanos szakember véleményét –, javasolható a folytatólagos (kontinuus) vertikális mintázás (65. ábra) a fal vagy furat mélységétől függően 2–5–10 cm-es intervallumokban. Amennyiben azonban ismert és jól meghatározható rétegeket tudunk definiálni, és nem időben kontinuus adatsorra van szükségünk, érdemes célzottan azokból mintát venni. Figyeljünk azonban arra, hogy ne a réteghatárokról, két eltérő genetikájú anyagot összekeverve vegyünk mintát, hanem az egyes rétegekből homogén anyagot gyűjtünk be.

A mintázáshoz arra alkalmas spatulát, kanalat vagy bármilyen letisztított vágóeszközt alkalmazhatunk (vö. 13. ábra). A kijelölt mintavételi ponton, anélkül, hogy más rétegből bepergéssel kellene számolnunk, megközelítőleg 10–50 gramm talajmintát „fitolitsteril” (azaz potenciálisan minden talaj- és növényi anyagtól mentes, azokkal korábban érintkezésbe nem lépett) műanyagzacskóba, lehetőleg ún. simítózáras zacskóba (lásd még I.3.3. alfejezet) gyűjtünk, amelynek precíz felcímkézése és kódolása elengedhetetlen, hiszen egy lelőhelyről akár több tíz vagy több száz minta is laboratóriumba kerülhet. Éppen ezért a régészeti feltáráson alkalmazott kódrendszert felhasználva a réteg nevére és mélységére vonatkozó információkkal (a szelvény ásatáson belüli pozíciójával együtt) lássunk el minden zacskót, majd a mintavétel tényét könyveljük az erre szánt terepi jegyzőkönyvben is.

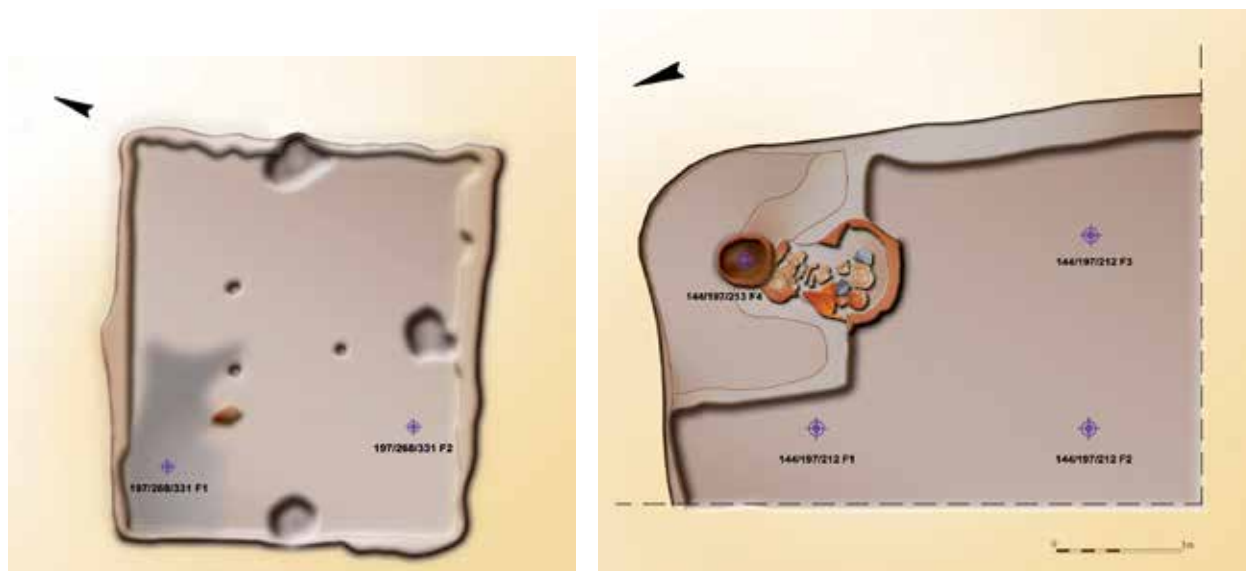
A paleopalinológiának a mintavétel az egyik legfontosabb mozzanata. Általában ősszel vagy télen végzik a recens virágporfertőzés megelőzése végett. Hazánkban a kilencvenes évekig pollenvizsgálatokhoz szükséges mintákat főként Földvári-fejes kézi fúróval vettek, amelynek az a hátránya, hogy a 15–20 centiméterenként vett szakaszos mintavételi eljárás során a rétegek összekeveredhetnek és szennyeződhetnek, és így lehetetlenné teszik a nagyobb rétegtani felbontású diagramok elkészítését. A magyar kutatók csak az 1990-es évek elejétől vették át a folyamatos, bolygatatlan magmintavétel alkalmazását. A mai fúrásokat a nemzetközi paleoökológiai vizsgálatok során elfogadott és használt Livingstone-típusú vagy orosz fejes kézi fúróval vagy nagy teljesítményű gépi bélésűcsöves magfúróval végzik. Az üledék típusától függően választják meg a mintavevőt. A legmegbízhatóbb eredményt az Orosz-fejes mintavevővel érik el, ugyanis ezzel a módszerrel elkerülhető a plasztikus tözegminták préselődése, deformálódása, valamint a finom rétegzettség összekeveredése. A mintavételt követően a mintákat a feltárásig (legalább) 4 °C-on tárolják.

Egyes struktúrák esetében a horizontális mintázás hasznos információkkal bővítheti a lelőhely archaeo- és paleo-etnobotanikai felmérését. Vízszintes, tehát azonos genetikájú rétegből való mintázás elsősorban térbeli mintázatok, illetve funkciók rekonstruálására szolgál. Előfeltétele az adott réteg, felszín precíz megtisztítása és – méretétől függően – mintavételi négyzetek kialakítása. A mintavételnél körültekintően kell

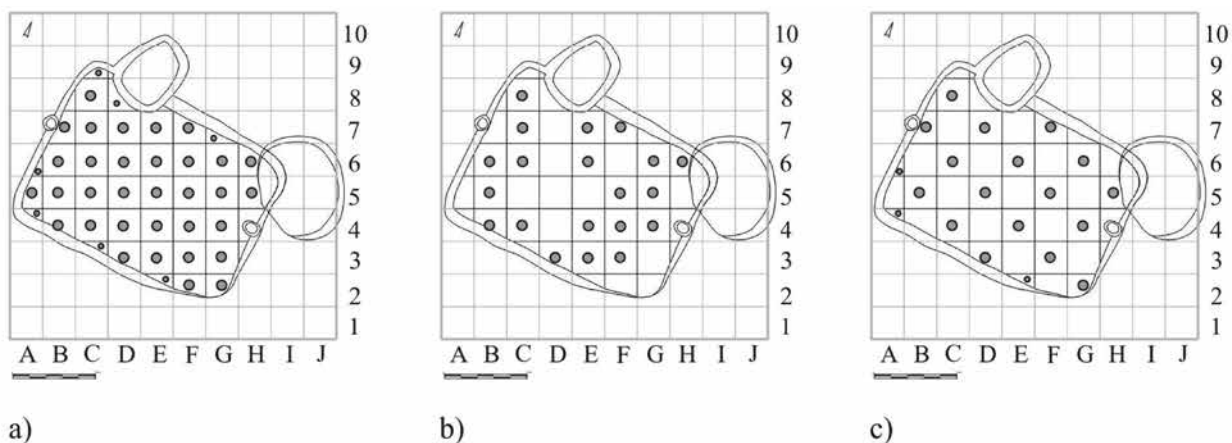
eljárni, hogy ne vágjuk át a mintázandó felszínt, és ne kerüljön más réteg talaja a mintánkba, mert az nyilvánvalóan rontja az elemzés eredményének megbízhatóságát. Horizontális rétegmintázást általában egykori házpadlók (67–68. ábra), tűzhelyek, sírok vagy egyéb funkcióval rendelkező kiterjedt struktúrák esetében alkalmazhatunk. Segítségével könnyen alátámasztható egy-egy térrész funkcionális szerepe a kor emberének életében, így például sikeresen elkülöníthetők egymástól a fekvőhelyként (növényi anyagból kialakított „matracok”), tűzhelyként, őrlőhelyként vagy növények ideiglenes tárolására használt térrészek. Ezzel az eljárással az egykori tetők növényi anyagát is vizsgálhatjuk, amely tovább szélesíti ismereteinket a korabeli építési szokásokról.

A két mintavételi módszer komplementer jellegét mutatja egy temetkezési halom (kurgán) keresztmetszeti falán végzett vizsgálsorozatot. Az egyes diszkrét rétegek és eltemetett talajsztintek pontszerű oszlopmintázása a halom időbeni fejlődését, fokozatos kialakulását meséli el, hiszen minden szint/réteg egy adott kornak a hírnöke. Ezt kiegészítve azonban az egyes szintek/rétegek – kiemelten az eltemetett paleotalaj A-szintjének – horizontális mintái az egykori, adott időpontban létezett növényzetről árulkodnak, és teremtik meg a lehetőséget egy pontosabb, precízebb rekonstrukciós elmélet kialakításának.

Hasonlóan a fent említettekhez, egy tell telep rétegeinek vízszintes mintázása időben azonos, de eltérő funkcióval bíró rétegek vizsgálatát, míg a vertikális mintázás az időben egymásra rakódó rétegek nyomán a halom fejlődésének rekonstruálását teszi lehetővé.



67. ábra. Avar kori épületobjektum padlóján végzett horizontális, nem szisztematikus mintázás mintavételi pontjai



68. ábra. A horizontális mintavételi protokollok összehasonlítása: teljes mintavétel, véletlenszerű részleges mintavétel, szisztematikus részleges mintavétel.

- a) Teljes mintavétel (Total Sampling); b) véletlenszerű részleges mintavétel (50%) (Partial Random Sampling); c) szisztematikus részleges mintavétel (50%) (Partial Non-random Sampling)

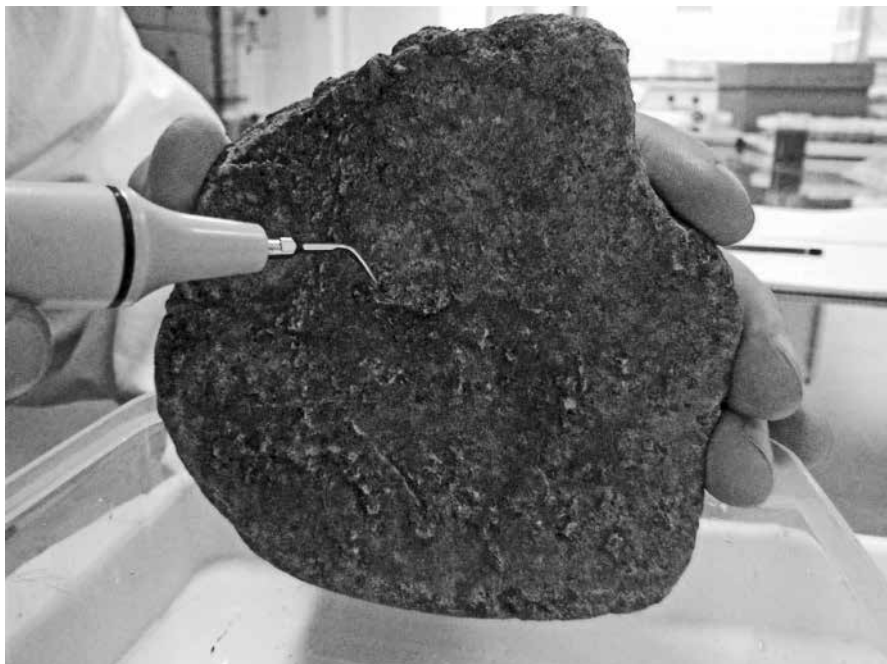
A régészeti ásatás határain átlépve megvan a lehetőségünk, hogy a tágabb környezetet reprezentáló, és erre alkalmas üledékgyűjtőből vett fűrásmaggal rekonstruáljuk egy terület fejlődését. A több méter hosszú fűrómagok kontinuus megmintázásakor általában több tudományterület együttműködésével (szedimentológia, geokémia, palinológia, malakológia, fitolitelemzés stb.) lehet pontos regionális környezetfejlődési modellt felállítani. Ilyen esetekben a fitolitelemzés dominánsan a lokális, tehát a fűrás pontja körüli környezetre vonatkozóan fog részletes környezeti információval szolgálni.

RÉGÉSZETI LELETEK, TÁRGYI ESZKÖZÖK, MŰTÁRGYAK, EMBERI MARADVÁNYOK

Számos tanulmány bizonyítja, hogy a tárgyi eszközök vizsgálatával közvetlen forrásból meríthetünk információt a korabeli ember táplálkozási szokásairól, illetve a növényekből készült ételféleségek feldolgozásának módjáról. Külön témakörben teszünk említést a kő- és egyéb eszközökről.

Az őrlőkövek begyűjtése után, az azokról nyert fitolitszemcsék alapján – bizonyos kritériumok teljesülése esetén – nemzetség- vagy fajszinten meghatározhatóvá válik a feldolgozott növény. Hasonlóan jól prezervált fitolitforrások az objektumokból előkerülő, épségben megmaradt kerámiák vagy egyes pattintott kőeszközök.

A fitolitoknak ezek a forrásai több szempontból is értékesek. Egyrészt az adott tárgyra ragadt/tapadt és kövült növényi opálszemcse sok esetben védettebb mikrokörnyezetbe kerül. Ez tafonómiai szempontból előnyös, hiszen a szemcsék épségben történő megmaradásának esélye nő, ami növeli a meghatározás esélyeit. Másfelől az említett tárgyról leválasztott fitolitszemcsék közvetlen, szinte megcáfolhatatlan információforrásai ember és növényvilág korabeli viszonyának (69. ábra). A tárgyak terepen történő begyűjtésénél fontos szempont, hogy „fitoliteril” tasakokba, tárolókba kerüljenek. A tárgyakat kiemelés után a terepen nem szabad lemosni vagy bármilyen felületkezelő anyaggal kezelni, ez csak laboratóriumban történhet. A tárgyak kiemelési helyéről, valamint a lelőhelyen kívülről érdemes két-három kontroll (talaj)mintát gyűjteni annak eldöntése érdekében, hogy az adott kőeszköztől leválasztott opálszemcsék a befoglaló talajból vagy ténylegesen növényekkel való érintkezésből származnak-e (az ún. keresztzennyeződés kizárásának érdekében). (Hasonló megfontolásból érdemes egy biztosan nem eszközként használt, de ugyanabból a földtani közegből származó kőzetdarabot is kontrollként a laborba küldeni, amennyiben erre mód nyílik.)



69. ábra. Egy őrlőkő mikro-archaeobotanikai célú feltárása ultrahangos depurátorral



70. ábra. Az antropológiai maradványok mikro-archaeobotanikai célú mintázásának egyik leggyakoribb tárgya a fogkő

A kerámiák tartalmának vizsgálata is információban gazdag eredményeket szolgáltat, hiszen a benne tárolt növények fitolitjai sok esetben koncentráltan találhatók meg az edény alján, amennyiben ténylegesen fitolitokat tartalmazó növényi anyagot halmoztak fel a kerámiában. Éppen ezért az épségben, feltehetően a behelyezéssel megegyező pozícióban megtalált edények betöltésének precíz és fokozatos lehámozása után feltárható az edény legalján összegyűlt növényi maradványanyag. Törött edények esetében érdemes felülvizsgálni, hogy az eredeti növényi anyag hogyan szennyeződhetett, és ennek tükrében dönteni a mintavételről. Akár ép, akár sérült edényről van szó, az edény tartalmát nem szabad terepen kibontani, hanem kiemelési állapotában kell bekerülnie a laboratóriumba, hogy ott a restaurátorok és a vizsgálatot végző szakemberek együttesen végezzék el a precíziós mintavételt. Ha a leírt módon járunk el, akkor nemcsak a fitolitvizsgálat, de a pollenvizsgálat igényeinek is eleget teszünk, hiszen elkerüljük, hogy terepen recens pollenanyaggal szennyeződjön be az edény tartalma. Tehát a régész feladata a terepen ebben a tekintetben az edény sértetlenül történő kiemelése, betöltésének megóvása és a laboratóriumba szállításról való gondoskodás. A mintavétel gyakorlati kivitelezését bent a laboratóriumban célszerű elvégezni.

A témához kapcsolódóan érdemes említést tenni azokról a kutatási irányzatokról, amelyek arra irányulnak, hogy közvetlenül a kerámiák anyagát vegyék górcső alá annak kimutatása céljából, hogy soványító anyagként milyen növényi alapanyagot használt fel a kor embere. A kerámia anyagából készülő vékony csiszolatok ilyen irányú elemzése azonban sok labortechnikai esetlegességet rejt. Ahhoz, hogy egy kerámia falából készült csiszolatban megtaláljuk és határozható állapotba hozzuk növényi opálszemcséinket, nagy szerencsére van szükség. A módszer előnye, hogy nem igényel különösebb körültekintést a régész oldaláról, ugyanakkor csak korlátozottan, nagyon specifikus kérdések eldöntésében érdemes segítségül hívni (pl. milyen növényi anyagot használtak fel a kerámiakészítés során a nyersanyag soványításához, bizonyítható-e gabonatisztítási hulladék megjelenése egy adott kerámiatípus nyersanyagában).

További érdekességként és a táplálkozástörténeti kutatásokban közvetlen információt szolgáltatató módszerként megemlítendő az emberi fogakról nyert fogkő (70. ábra) mikro-archaeobotanikai anyagának (fitolit- és keményítőszemcsék, tehát nemcsak szervetlen, hanem sok esetben akár szerves (!) növényi mikromaradványok) vizsgálata is, ami alkalmas az elfogyasztott növények faji hovatartozásának, anatómiai jellemzőinek kiderítésére. Ebben az esetben a fogak vagy a koponyák laborba juttatásáig hasonló szabályok alkalmazandók, mint a kőszközők esetében. A koponyák tisztítása és a fogkövek megmintázása a laborban precíziós módon történik.

LABORATÓRIUMI ALKALMAZÁSOK A MIKRO-ARCHAEOBOTANIKÁBAN

A mikro-archaeobotanikai módszerek közös sajátja, hogy – a makro-archaeobotanikával összehasonlítva – költség- és időigényes, többlépcsős laboratóriumi eljárásokkal tudunk csak hozzájutni a vizsgálat tárgyához, azaz a fitolitokhoz, pollenekhez, keményítőszemcsékhez. A feltárási technikák széles tárháza alakult ki az elmúlt évtizedekben.

NÖVÉNYI OPÁLSZEMCSÉK FELTÁRÁSÁNAK MÓDSZERTANA

A talajminták kezelése

A fitolit feltárás egyik legfontosabb lépése a talajszemcsék megfelelő szétválasztása. Az agyag, karbonátok, szerves anyagok, vas- és alumínium-oxidok azonban gátolják a fitolitok mintából történő kiszabadulását. Ha a talaj nem tartalmaz jelentős mennyiségű ilyen komponenseket, akkor többnyire elég nátriumoldatban elkeverni, egyéb esetben először el kell távolítani ezeket a komponenseket.

A hidrogén-peroxid (H_2O_2) reakcióba lép a szerves anyaggal, a kolloidális szerves vegyületeket CO_2 -vé oxidálja vagy más oldható vegyületté alakítja, amely a mintából kimosható. A reakció befejeztével a H_2O_2 vízzé alakul, és nem hagy semmilyen kémiai maradványt a mintában. Mivel a H_2O_2 nem működik hatékonyan lúgos környezetben, ezért először a karbonátokat el kell távolítani. A lúgos oxidáló vegyszerek, mint például a KOH, szintén reakcióba lép a szerves anyagokkal, ezek azonban károsítják a fitolitokat, ezért nagyon óvatosan kell alkalmazni őket. A kísérletek azt mutatták, hogy öt percnyi lúgos kezelés a H_2O_2 használata előtt felgyorsította a szerves anyagok eltávolítását anélkül, hogy a fitolitok roncsolódtak volna.

A karbonátaggregátumokat erős sav segítségével is el lehet távolítani. Erős savak alkalmasak bizonyos oxidok eltávolítására is, amelyek gátolják a diszperziót. Koncentrált HCl és HNO_3 keverékével lehet eltávolítani az oxidokat a talajanyagból. A növényi opál nagyon stabil savas környezetben, de oldható extrém lúgos feltételek között (pH 9 felett). Az erős savas kezelésnek kitett fitolitokat fénymikroszkóppal vizsgálva kideríthető, hogy a kezelés hatására roncsolódnak vagy torzulnak-e.

A következő lépéssor jól alkalmazható:

1. Eltávolítjuk a karbonátaggregátumokat és bizonyos oxidokat erős sav segítségével.
2. Ötperces lúgos kezelést alkalmazunk, amelyet kétszeres vizes mosás követ, amire a H_2O_2 hevesen reagál.
3. Eltávolítjuk a szerves anyagokat H_2O_2 segítségével.
4. Diszpergálunk nátriumoldat segítségével.

Homokfrakció eltávolítása

A talajminta szervesanyag-, illetve karbonáttartalmának eltávolítása után nedves szitálással távolítható el a minta homoktartalma. Ez jellemzően a 200-200 μm -nél nagyobb talajszemcsékre értendő. Amennyiben arra számítunk, hogy a mintánkban ennél nagyobb, anatómiai rendben megmaradt, elkovásodott szövetmaradványok lennének, akkor végezhetjük a nedves szitálást több lépcsőben is, először egy 500 μm -es szitát beiktatva.

Nehéz folyadékot flotálás, nehéz folyadékok összehasonlítása

A talajminta visszamaradó vályogfrakcióját ún. nehézfolyadékot flotálásal kell kezelni ahhoz, hogy a növényi opálszemcséket elválasszuk a talaj egyéb ásványi alkotóitól. Az elválasztás a centrifugában faj-súlykülönbség alapján történik. Ehhez a következő vegyületekből készíthetünk nehézfolyadékot: CdI_2/KI , $ZnBr_2/HCl$, ZnI_2 , SPT. (Vigyázat! Bizonyos anyagok erősen karcinogének. A laboreljárást csak a megfelelő munkavédelmi előírások mellett és lehetőleg tapasztalt laboránssal végezzük!)

CdI_2/KI -ből készített nehézfolyadékkal tiszta feltárást lehet végezni az összes talajtípus esetén, továbbá nem lép reakcióba egyetlen mintával sem. A CdI_2 viszont toxikus, veszélyes a felhasználó egészségére. Az SPT nem toxikus, ugyanakkor nem ad olyan tiszta szeparációt, mint a toxikus CdI_2/KI és CdI_2 . A $ZnBr_2/HCl$ szintén toxikus, azonban a CdI_2/KI -nál kevésbé hatékony. A ZnI_2 toxikussága alacsony, viszont hajlamos a kicsapódásra. A ZnI_2 olcsóbb, mint a $ZnBr_2/HCl$ vagy a CdI_2/KI .

Az általános ajánlás a kutatók számára az, hogy használjanak SPT-t, mivel biztonságos és megfelelően hatékony.

A Magyar Nemzeti Múzeumban alkalmazott módszer talajminták fitolitfeltáráására

A növényi opálszemcséket az egyes minták talajanyagából többlépcsős szeparálási folyamatban tárjuk fel a talajmátrix agyag-, homok-, vályog- és szervesanyag-tartalmának elválasztásával. A módszer a következő lépésekből épül fel:

1. Előkészítés: 5 grammnyi talajt légszáraz állapotig szárítunk.
2. Szerves anyag elválasztása: A talajmintákat homokfürdőn melegen tartva 33%-os hidrogén-peroxid-dal (cc. H_2O_2) kezeljük a minta szervesanyagának elroncsolása végett.
3. Agyagtartalom elválasztása: a Stokes-féle sűrűlási törvénynek megfelelően a minták agyagtartalmát iszapolóhengerben gravitációs ülepitéssel választjuk el.
4. Homokfrakció elválasztása: a standard eljárás szerint a mintákat egy 250 μm lyukátmérőjű szitán mossuk át.
5. Centrifugálás: a kiszárított minták anyagát centrifugatubusba fejtjük át. A centrifugatubusban lévő mintákat ún. nehéz folyadékkal centrifugáljuk. Ez a munkafázis szolgál minden eddig el nem távolított talajalkotó és számunkra fontos biológiai frakció szétválasztására. A centrifugáláshoz használt folyékony közeg nátrium-polytungstate (SPT) és desztillált víz (H_2O) elegye, amelynek fajsúlya 2,35 g/cm^3 . A pontosan beállított nehéz folyadékos centrifugálás eredményeképpen a növényi opálszemcsék felúsznak, így elválaszthatók a talaj egyéb ásványi alkotóitól.
6. Tisztítás: a feltárt anyagot (extraktumot) lefejtjük, majd desztillált vízzel többször átmoszuk.
7. Konzerválás, tárolás: a tisztított és szárított extraktumot glicerinben tároljuk.

FITOLITOK FELTÁRÁSA RECENS NÖVÉNYI ANYAGBÓL

Az alábbiakban a fitolitok feltárásiának ún. *dry ashing* protokollját ismertetjük:

1. A növényi mintákat labortisztaságú szappanoldatba merítjük és kissé öblögetjük.
2. Ultrahangos tisztítóval 30 percen át mossuk, majd egy éjjelen át 100 °C-on szárítjuk szárítószekrényben.
3. Tömegmérés után megközelítőleg 500 °C-on 36 órán át izzítókemencében tartjuk.
4. 10 ml 3N töménységű HCl és HNO_3 oldat 1:1 arányú keverékében főzzük a mintákat. A savat 5 perces centrifugálási ciklusokkal 3000 RPM fordulaton távolítjuk el.
5. Tömegállandóságig szárítjuk szárítószekrényben.
6. Megközelítőleg 10 ml 30 %-os H_2O_2 oldattal átmoszuk, majd 100 °C-on szárítjuk egy éjjelen át.
7. Az eljárás eredményeképpen tiszta kovatartalmú hamu marad vissza. Tömegmérés után számítható a biogén szilíciumtartalom, amelyet a szárazanyag százalékában adunk meg.

Az izzítókemence helyettesíthető az üvegekszer-készítésben használatos *fusing box*-szal, amely az izzítókemencénél jóval kisebb értékű eszköz. A hőálló anyagból készült doboz belső felülete a mikrohullámú sütő energiáját hőenergiává képes átalakítani. Mikrohullámú sütőben közepes teljesítmény mellett megközelítőleg 10 perc alatt elérjük az izzási hőmérsékletet, és növényanyagtól függően néhány perc alatt a minta tiszta kovatartalmú hamuvá izzik. A szükséges izzítási idő az egyes mintaféleségek esetén kikísérletezendő, mert túlzás esetén az olvadásnak indult fitolitok már nem alkalmasak elemzésre.

POLLEN ÉS FITOLIT EGYIDEJŰ FELTÁRÁSA

A legtöbb pollenfeltárási eljárás lényege az, hogy a mintában a pollenszemeken kívül minden mást, így a fitolitokat is feloldja, például HF kezelés segítségével. A nehézfolyadékos eljárás ezzel szemben a fitolitok feltáráására is képes, ugyanakkor a pollentaxonok különböző alakja és fajsúlya miatt előfordulhat, hogy nem minden pollen kerül kinyerésre a feltáráás során, ez pedig téves következtetések levonásához is vezet.

Fredlund eljárása

1. 10%-os HCl oldattal kezeljük a mintát a karbonátok eltávolítása céljából. A szükséges mennyiség változhat a minta mérete és karbonátkoncentrációja függvényében. Mossuk desztillált vízzel, centrifugáljuk és dekantáljuk az anyalúgot.
2. Távolítsuk el a homokot *swirl* módszerrel. A minta homogenizálódik az agyagdiszperzánszal (0.1 M nátrium-pirofoszfát). Keverjük, nem engedjük ülepedni hosszán, csak addig, amíg a homok és a durva üledék le nem ülepszik. Ez körülbelül 15 másodpercig tart, a fitolitok és a pollenek nem ülepednek le ilyen rövid idő alatt. Ismételjük, amíg minden kisebb/sima részecske el nem válik a homoktól.
3. Távolítsuk el az agyagot az üledékből.
4. Távolítsuk el a szerves anyagokat 5-10%-os KOH oldattal. Kezeljük a mintákat 10 percig forró fürdőben. Centrifugáljuk és dekantáljuk a KOH-t. Mossuk a mintát desztillált vízzel, centrifugáljuk, dekantáljuk. Ismételjük a vizes mosást, amíg az anyalúg tiszta marad (de legalább háromszor).
5. Mossuk a mintát egyszer HCl oldattal. Centrifugáljuk és dekantáljuk.
6. Flotáljuk a mintát 2.4 g/cm³ sűrűségűre beállított ZnBr₃ oldattal. Adjunk hozzá nehéz folyadékot, kavargassuk, hogy a pollenszemcsék és a fitolitok felússzanak, centrifugáljuk, dekantáljuk, őrizzük meg az anyalúgot. Ismételjük a flotálást, amíg már nem látunk virágporszemcséket, illetve fitolitokat a nehezebb részekben (a nehezebb részeket kenjük el és vizsgáljuk meg fénymikroszkóppal is).
7. Hígítsuk az anyalúgfolyadékot 1,3 g/cm³ sűrűségűre. Centrifugáljuk és őrizzük meg a nehézfolyadék-oldatot. Szűrjük át a folyadékot egy finom membránon, hogy biztosak legyünk abban, hogy minden pollen és fitolit kinyerésre került. Adjuk a szűrőn maradt anyagot az extraktumhoz. Mossuk az extraktumot desztillált vízzel, centrifugáljuk, dekantáljuk. Ismételjük még egyszer.
8. Dehidratáljuk az extraktumot alkohollal, például butanollal, és helyettesítsük szilikonolajjal (pollen-tartósítási eljárás).

POLLENFELTÁRÁS MÓDSZERTANA

A pollenanalitikai vizsgálatok céljától függően mintázzák meg a vizsgálandó anyagot. A minél kisebb léptékű mintavétel szolgáltatja a legmegbízhatóbb és a tudomány számára leginkább használható adatokat. Általában azonban 5 vagy 10 centiméterenként tárnak fel a talajmintát. A pollenkoncentráció meghatározásához többféle módszert is alkalmaznak: Davis térfogat és területméréses módszerét, Jorgensen súlyméréses módszerét és Benninghoff egzotikus pollen vagy spóraszemek feltáráására alkalmazott módszerét. Magyarországon korábban az üledékminták laboratóriumi feltáráására Zólyomi 1953-ban kidolgozott módszerét alkalmazták a kutatók. Ez a módszer a fajsúly alapján történő elkülönülést veszi alapul, ami hatékonyabb eljárás a szerves anyagban szegény, erősen agyagos, kőzetlisztes üledékre, mint az Erdtmann-féle módszer, amelyet elsősorban tözeges üledékekre alkalmaznak. A Zólyomi-féle eljárás hátránya, hogy nagy mennyiségű üledéket igényel (körülbelül 20 g), és nagy felbontású mintavétel esetén nem alkalmazható. Létezik még a Cwynar-féle mikroszűréses módszer is, ahol hidrogén-fluoridos kezelést használnak, valamint az anyagot 10 mikrométeres műanyagghálón is átszűrik. Ma a leggyakrabban alkalmazott eljárás a Berglund-Ralska-Jasiewiczowa-féle standard oldásos feltárási módszer, amely mellett még alkalmazhatunk sűrűségválasztást és mikroszűrést is.

Az üledék pollenkoncentrációjának meghatározásához *Lycopodium* spóra vagy *Eucalyptus* pollen alkalmazható. Minden tableta előre meghatározott számú pollent, illetve spórát tartalmaz, amelynek segítségével a spóra/pollen arány ismeretében a koncentráció könnyen kiszámítható. A feltárás során azonban ügyelni kell rá, hogy a tableta a feltárási folyamat első lépésében kerüljön a mintához, mert az így esetlegesen fellépő pollenvesztés spóravesztéssel is jár, aminek következtében a spóra-pollen arány változatlan marad. Archaeobotanikai feltárás során használt laboratóriumi módszerek a következők:

Dean módszere

1. 2 mm-es hálón átszítaljuk a mintát egy főzőpohárba úgy, hogy a teljes mennyiség 25 g legyen. A mintákat kiszárítjuk, majd mindegyikhez három *Lycopodium* tablettát adunk. Fontos, hogy figyeljünk a tételszámra, ugyanis a tableta spóraszámát tételről tételre változik.
2. Adjunk a mintához koncentrált HCl-t (38%) lassan, cseppenként. Ez a lépés eltávolítja a CaCO_3 -at. Fedjük le, és hagyjuk a mintát állni egy éjszakán keresztül.
3. Mossuk át a mintát desztillált vízzel. 2000 RPM-en 50 ml-es kúp alakú tubusban centrifugáljuk. Öntsük le a vizet, töltsük át a maradék üledéket egy főzőpohárba, majd adjunk hozzá ismét desztillált vizet. Keverjük fel, és hagyjuk állni 10 percig. Öntsük keresztül a frakciót egy 195 mikrométeres szűrőn egy másik főzőpohárba. (Ez a folyamat alapvetően hasonló a talaj flotálásához. A differenciált flotálás elkülöníti a könnyű részecskéket, beleértve a pollenzemeket is, a nagyobb, nem pollen tartalmú anyagoktól). A koncentrált frakciót 2000 RPM-en centrifugáljuk. A nagyobb, nehezebb frakció visszamarad a főzőpohárban, ezt le kell öntenünk. Vegyünk egy csepp mintát, és nézzük meg a mikroszkóppal, hogy mennyi pollen maradt benne.
4. A fennmaradt frakciót tegyük a műanyag főzőpohárba, és adjunk hozzá 49% HF-et, ami eltávolítja a szilikátokat. Keverjük fel, majd hagyjuk állni egy éjszakán keresztül.
5. Adjunk a mintához desztillált vizet, így hígítva a savas üledéket, és öntsük át egy 50 ml-es centrifugatubusba. Ismételjük meg a centrifugálást és a mosást.
6. Keverjük el trinátrium-foszfátot (5%-os oldat) a mintával. A keverék veszélyes a degradált pollenre.
7. Adjunk hozzá frissen készített acetolízis mixtúrát (9 rész ecetsav-anhidrid, 1 rész koncentrált kénsav) a visszamaradt anyaghoz egy műanyag centrifugatubusban, hogy elroncsoljuk a kis szerves részecskéket. Helyezzük a tubust forró vízfürdőbe 5 percig. Centrifuga segítségével kompaktáljuk a megmaradt anyagot, majd dekantáljuk az acetolízises mixtúrát. A megmaradt anyagot keverjük össze ecetsavval, centrifugáljuk, dekantáljuk, és mossuk desztillált vízzel legalább háromszor. Ezzel a lépéssel eltávolíthatjuk a savmaradványokat, illetve a nem oldható organikus vegyületeket. A teljes lépést 15 percen belül el kell végezni.
8. Mossuk a mintákat forró hígított metanollal (100 ml metanolhoz adjunk 400 ml desztillált vizet egy főzőpohárban, a reakció exotermikus lesz!). Öntsük le a szilikátokat, organikus anyagokat, majd centrifugáljuk a mintát 2000 RPM-en 60 és 90 másodperc között. Óvatosan dekantáljunk. Fessük meg a mintát szafraninnal, amelyet folyékony glicerinnel hígítottunk. A mintát fiolába helyezzük, melyre még glicerint csepegtetünk. A mikroszkóp tárgylemezeire két-három cseppnyi mintát helyezünk.

Shackely módszere

Kezdeti kezelés:

1. Távolítsuk el a mintából a kavicsokat és a növényi maradványokat nedves szitálással.
2. Koncentráljuk a mintát 3000 RPM-en történő centrifugálással. 50 ml-es tubusok esetén a centrifugálást 5 percig, míg 15 ml-es tubusok esetén 2 percig végezzük.

Karbonátok és alkáli-oldható humuszvegyületek eltávolítása:

1. Tegyük körülbelül 2 g mintát egy 50 ml-es hőálló műanyagtubusba. Adjunk hozzá lassan 10% HCl-t úgy, hogy a tubust 2/3-ig töltsük tele, hacsak nem történik heves reakció.
2. Ha a reakció befejeződött és a pezsgés megállt, centrifugáljunk és dekantáljunk.
3. Adjunk pár csepp 10%-os NaOH-t a maradék anyaghoz, keverjük meg, majd adjunk további 20 ml NaOH-t. Helyezzük vízfürdőbe 20–60 percig.
4. Keverjük meg jól, hogy minden talajrög szétessen. Szükség esetén használjunk mixert.
5. Szűrjük át a mintát szitán keresztül egy műanyag centrifugatubusba.
6. Mossuk a szitán maradt anyagot desztillált vízzel, és adjuk ezt a vizet hozzá a centrifugatubus tartalmához.
7. Centrifugáljunk és dekantáljunk. Ha az anyalúg továbbra is sötét, akkor még mindig jelen van humuszos anyag. Ilyenkor a mintát addig kell mosni, centrifugálni és dekantálni, amíg tisztává nem válik.
8. Mossuk a maradék anyagot egy szita közepére vízsugár segítségével. Fordítsuk meg a szitát egy Petri-csészébe.

Szilikátok eltávolítása hidrogén-fluoriddal (HF):

1. Adjunk egy kis desztillált vizet a mintához, majd keverjük össze. A hidrogén-fluoridos kezelést mindig műanyag centrifugacsőben végezzük, üvegedényt vagy botot ne használjunk, mert a hidrogén-fluorid szétmarja.
2. Adjunk 20 ml 40-60%-os HF-ot a mintához, majd helyezzük vízfürdőbe 20-60 percig. Keverjük műanyag bottal, hogy megállapítsuk, mikor tűnik el a szilikáttartalom a mintából.
3. Centrifugáljunk és dekantáljunk. Figyeljünk az elszívófülkére, hogy be legyen kapcsolva.
4. Adjunk a mintához néhány csepp 10%-os HCl oldatot és keverjük össze, majd adjunk a mintához további 20 ml HCl-ot és helyezzük vízfürdőbe 15 percre.
5. Centrifugáljunk és dekantáljunk.
6. Öblítsük át a mintát desztillált víz és néhány csepp 10%-os NaOH keverékével. Centrifugáljunk és dekantáljunk.
7. Mossuk, centrifugáljuk és dekantáljuk.

Acetolízis:

1. Víztelenítsük a mintát ecetsav atmoszárával, mert az acetolízis mixtúra heves reakcióba lép a vízzel. Centrifugáljunk, dekantáljunk. Ügyeljünk az elszívó megfelelő működésére. Ismételjük ezt a lépést.
2. Frissen készítsünk acetolízis mixtúrát (1 ml koncentrált kénsav, 9 ml ecetsav-anhidrid).
3. Adjunk néhány csepp acetolízis mixtúrát a mintához. Keverjük át, majd adjunk hozzá további 20 ml mixtúrát. Tegyük a mintát 3 percre vízfürdőbe.
4. Centrifugáljunk és dekantáljunk az elszívó alatt.
5. Adjunk a mintához ecetsavat. Keverjük, centrifugáljuk, dekantáljuk.
6. Öblítsük át a mintát desztillált víz és néhány csepp 10%-os NaOH keverékével. Centrifugáljunk és dekantáljunk. Ismételjük ezt a lépést csak desztillált vizet használva. Fessük meg a mintát szafraninnal, amelyet folyékony glicerinnel hígítottunk. A mintát fiolába helyezzük, melyre még glicerint csepegtetünk. A mikroszkóp tárgylemezeire két-három cseppnyi mintát helyezzünk.

Dimbleby módszere

1. A mintákat külön-külön csomagoljuk 5'' × 3'' polietilén zacskókba.
2. Szárítsuk ki minél hamarabb, lehetőleg sütőben 90-100 °C fokon.
3. A mintát aprítsuk fel apróra mozsár segítségével.
4. Vegyünk 0,5 g és 4 g közötti mintát, majd tegyük egy 100 ml-es kúp alakú lombikba.
5. Adjunk hozzá körülbelül 20 ml 10 %-os NaOH-ot és lassan melegítsük egy forró lapon 40-60 percig. A hosszabb idő inkább agyagos és organikus talaj esetén javasolt. Keverjük fel gyakran, nehogy beleszagadjon a talaj a lombikba.

6. Dekantáljuk gézsűrőn keresztül egy 50 ml-es műanyag centrifugatubusba, centrifugáljunk, dekantáljunk, mossunk, centrifugázzunk, és ismét dekantáljunk.
7. Adjunk hozzá körülbelül 10 ml 40-60%-os HF-ot, és óvatosan tegyük vízfürdőbe 20-30 percre, keverjük gyakran.
8. Tegyük az anyagot egy 15 ml-es műanyag centrifugatubusba, centrifugáljunk, dekantáljunk.
9. Adjunk 10 ml 10%-os HCl-ot a mintához és melegítsük vízfürdőben néhány percig, de ne forrásig. Centrifugáljunk és dekantáljunk.
10. Dehidratáljunk körülbelül 5 ml ecetsavval. Centrifugáljunk és dekantáljunk.
11. Készítsünk 5 ml acetolízis mixtúrát (1 ml koncentrált kénsav, 9 ml ecetsav-anhidrid). Adjuk a mixtúrát a mintához, tegyük vízfürdőbe, amíg a mixtúra barna nem lesz. Centrifugáljunk és dekantáljunk.
12. Adjunk néhány ml ecetsavat, centrifugáljunk, dekantáljunk, mossuk át újra ecetsavval, centrifugáljunk, majd dekantáljunk megint.
13. Adjunk kb. 5 ml 10%-os nátrium-hidroxidot, tegyük vízfürdőbe 10-15 percre, centrifugáljunk és dekantáljunk kétszer.
14. Fessük meg a mintát safraninnal, amelyet folyékony glicerinnel hígítottunk. A mintát fiolába helyezük, melyre még glicerint csepegtetünk. A mikroszkóp tárgylemezeire két-három cseppnyi mintát helyezünk.

A KEMÉNYÍTŐSZEMCSÉK FELTÁRÁSÁNAK MÓDSZERTANA

A keményítőszemcsék üledékből történő kinyerése

Deflokkulálás és az agyag eltávolítása:

1. Szárítsuk ki az üledéket és szitáljuk át egy 2 mm-es szitán keresztül. Mérjük ki 5 g-ot a szitált üledékből.
2. Törjük össze az üledéket mozsár segítségével, amíg finom port nem kapunk. Tegyük a port egy 200 ml-es főzőedénybe.
3. Tegyük 20 ml 6%-os H_2O_2 -ot a főzőedénybe, és keverjük össze a mintával. Hagyjuk állni 30 percig. Adjunk újabb 20 ml 6%-os H_2O_2 -t, és ismételten hagyjuk állni 30 percig.
4. Az üledék szuszpenziót tegyük egy 250 mikrométeres szitára, majd víz segítségével mossuk át a szitán az üledék finom részeit. Azokat a részeket, amelyek 250 mikrométernél nagyobbak voltak, dobjuk ki vagy tegyük el későbbi vizsgálatokhoz.
5. A gyűjtőedényben lévő mintát öntsük szét:
6. egy 600 ml-es főzőedénybe vagy
7. egy 50 ml-es centrifugatubusba
8. A főzőedényben lévő anyag esetén: annak érdekében, hogy minden keményítőgranulátum leülepedjen, hagyjuk a mintát 1 órán keresztül ülepedni.
9. A centrifugatubusban lévő anyag esetén: centrifugáljunk a szuszpenziót 3 percig 2500 RPM-en.
10. A főzőedényből távolítsuk el az anyalúgot vízlégszívó/aspirátor segítségével és dobjuk ki. A maradék szuszpenziót tegyük egy 200 ml-es főzőedénybe és hagyjuk ülepedni további 40 percen keresztül, majd ugorjunk a 7. lépésre. Dekantáljunk a centrifugatubusban lévő anyalúgot, majd folytassuk a 8. lépéssel.
11. A főzőedényből az ülepités után távolítsuk el az anyalúgot vízlégszívó/aspirátor segítségével. A megmaradt szuszpenziót tegyük egy 50 ml-es centrifugatubusba.
12. Töltsük fel a centrifugatubust 50 ml-ig 5%-os 35 °C Calgonnal, rázzuk fel, centrifugáljunk 1 percig 2500 RPM-en.
13. Dekantáljunk a lebegő agyagot tartalmazó anyalúgot és dobjuk ki.

14. Ismételjük a 8. és a 9. lépést addig, amíg az anyalúg tisztává nem válik. (Megjegyzendő, hogy a nehéz agyag teljes eltávolításához több kezelésre is szükség lehet.)
15. Mossunk úgy, hogy a tubust feltöltjük 50 ml-ig desztillált vízzel, és centrifugáljunk 2 percig 2500 RPM-en.
16. Dekantáljuk az anyalúgot és dobjuk ki.
17. Ismételjük a 11. és 12. lépést kétszer.
18. Szárítsuk ki az üledéket 40 °C-os sütőben.

Keményítőgranulátumok kinyerése nehéz folyadékos flotálással:

19. Ahhoz, hogy eltávolítsuk azokat a részecskéket, amelyek könnyebbek, mint a keményítő, adjunk 8 ml nátrium-polytungstat ($\text{Na}_6(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40})$) nehéz folyadékot (1,3-as fajsúllyal; 1,3 g/cm³) a kiszáritott üledéket tartalmazó 50 ml-es tubushoz.
20. Centrifugáljuk 12 percig 2500 RPM-en.
21. Öntsük le az anyalúgot.
22. A keményítőnél nehezebb részek eltávolítására adjunk 5 ml nátrium-polytungstat ($\text{Na}_6(\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40})$) nehéz folyadékot (2,0-as fajsúllyal; 2,0 g/cm³).
23. Centrifugáljuk 10 percig 2000 RPM-en.
24. Dekantáljuk az anyalúgot egy új 50 ml-es mérő centrifugatubusba. (Figyelem: ez az anyalúg a rezidum könnyebb részeit tartalmazza a keményítővel együtt. Ne dobjuk ki!)
25. Ismételjük a 18. és 19. lépést. Dekantáljuk ugyanabba az 50 ml-es tubusba, amelyet a 20. lépésnél használtunk.
26. A nehéz folyadék hígításával csökkentjük annak fajsúlyát, ezzel lehetővé tesszük a keményítőgranulátumok részbeni ülepedését. Öntsük a keményítőrezidumot és az anyalúgot 50 ml ultratiszta vízbe (figyelem: a keményítő-granulátumok elkezdenek lesüllyedni a tubus alsó részére). Centrifugáljuk 3000 RPM-en 10 percig.
27. Ezen a ponton a keményítő-granulátumok még mindig lebegnek a szuszpenzióban. Öntsük ki az anyalúg körülbelül 2/3-át úgy, hogy az ne tartalmazzon keményítőgranulátumot. A szuszpenzióból körülbelül 15 ml maradjon a centrifugacsőben. (Fontos: dekantálás előtt ellenőrizzük a szuszpenziót, és bizonyosodjunk meg arról, hogy nem veszítjük el a keményítőgranulátumot).
28. Az anyalúg fajsúlyának csökkentése érdekében végezzük el a 22. és 23. lépést háromszor, ezáltal lehetővé válik a keményítőgranulátumok teljes leülepedése. Az utolsó lépésben dekantáljuk az anyalúg nagy részét.
29. Mossunk úgy, hogy 50 ml-ig töltjük a tubust vízzel, majd centrifugáljunk 2 percig 2500 RPM-en.
30. Dekantáljuk az anyalúgot és dobjuk ki. Ismételjük a mosást, hogy eltávolítsuk a nátrium-polytungstat (SPT) teljes mennyiségét.
31. A maradék szuszpenziót szárítsuk ki a sütőben 40°C-on.

Minta felvitele tárgylemezre (metszetkészítés):

32. Adjunk 500 µl desztillált vizet a kiszáritott szuszpenzióhoz.
33. Rázzuk össze. Pipetta segítségével tegyünk 60 µl-t egy tárgylemezre és szárítsuk ki.
34. Fedjük glicerinnel, majd helyezzük rá a takarólemezt a mintánkra.

Megjegyzések a feltáráshoz:

- Üledék-, illetve talajanyag szárítása: A feltárást megelőzően az üledéket célszerű kiszáritani. A szárítás lehetővé teszi az üledék pontos súlyának megmérését. Továbbá, a túlzott nedvesség megváltoztathatja a használt vegyszerek koncentrációját, ezáltal ronthatja a feltárást minőségét. Megjegyzendő, hogy a túlzott melegítés viszont a keményítő zselatinálódását okozhatja, ami a keményítőgranulátumok degradálódásával járhat, s ezáltal hátráltatja a keményítő meghatározását. Épp ezért ajánlott, hogy a nedves üledék szárítása 50 °C alatt történjen. A legbiztonságosabb az, ha az üledékek hosszabb ideig tartó szárítását 40 °C alatti hőmérsékleten végezzük.

- **Mintavétel:** Az üledékből/talajból vett mintáknak az eredeti mintához képest reprezentánsnak kell lennie. Egy hatékony módszer az anyaminta homogenitásának megőrzésére a kúp/negyed mintavételezési eljárás. Keverjük meg a kiszáritott üledéket/talajanyagot és képezzünk belőle egy dombot. A dombot válasszuk négy egyenlő részre, és vegyünk egy kis mintát mind a négy részből. A maradék üledéket/talajanyagot ezután keverjük össze ismét, majd újból képezzünk egy dombot. Ismételjük ezt az eljárást egészen addig, amíg elegendő mintánk nem lesz.
- **Törés/porítás:** Az üledéket/talajanyagot mozsárban fel kell törni, mielőtt elkezdjük a szitálást. Ez a lépés mindenképp szükséges, ha az üledék rögöket, nagyobb talajaggregátumokat tartalmaz.
- **Oxidáció (H_2O_2):** Amikor H_2O_2 -t adunk egy magas szervesanyag-koncentrációjú üledékhez/talajanyaghoz, akkor heves exotermikus reakció lesz az eredmény. Ha ezt a lépést nem végezzük kellő figyelemmel, a főzőedényben lévő anyag kifuthat, illetve heves gázképződési reakció játszódik le. A keverés, illetve ún. forrgyöngyök használata segíthet megállítani a kifutást, amennyiben azonban a reakció túlzottan is heves, a főzőedényt hideg, esetleg jeges vízbe kell meríteni. Hogy megbecsüljük a reakció hevességét és megelőzzük a kifutást, először kis mennyiségű (pl. 5 ml) H_2O_2 -ot érdemes csak adni a mintához. Ezután keverjük és adjunk további mennyiséget, amennyiben szükséges.
- **Szitálás:** Nylon- vagy drótszita használata szükséges. Az üledék/talajanyagunkat mindig desztillált vízzel mossuk át a szitán. A szennyeződés elkerülése érdekében minden minta esetén mossuk le a szitát alaposan.
- **> 250 μm üledékszemcsék:** Ahelyett, hogy kidobnánk az üledék azokat a részeit, amelyek nagyobbak mint 250 μm , gyakran bölcsebb, ha eltesszük további vizsgálatokra.
- **Keményítőszemcsék ülepedése:** Adjunk kellő időt a keményítőszemcséknek ahhoz, hogy leülepedjenek a szuszpenzióban. Az ülepedési idő változhat az ülepedőhenger magassága, a részecskék fajsúlya és viszkozitása függvényében. Ha túl sok vizet használtunk a szitán keresztül történő mosás során, akkor további idő szükséges ahhoz, hogy az összes keményítőgranulátum leülepedjen. (Például 10 cm magas henger használatakor, 2 μm -es szemcseátmérő esetén 25,5 óra, 3,9 μm esetén már csak 6,7 óra, míg 5 μm esetén 4,1 óra szükséges a teljes ülepedéshez. Az ülepedés fizikai hátterének pontosabb megértéshez lásd Stoke törvényét.)
- **Anyalúg eltávolítása:** Az anyalúg az a folyadék, amely megmarad, miután az üledék leülepedett. Ez egyszerűen kiönthető óvatos mozdulatokkal, de pipetta vagy vízlégszívó is használható.
- **Calgon használata:** A Calgon kereskedelemben kapható, tisztításhoz használt termék, amely nagy mennyiségben tartalmaz nátrium-hexametafoszfátot ($(NaPO_3)_6$). Ez egy deflokkuláns, amely diszpergálja az agyagrészecskéket az oldatban, ezáltal lehetővé teszi azok dekantálással történő eltávolítását.
- **Nehéz folyadékot flotálás:** A nátrium-polytungstat ($Na_6(H_2W_{12}O_{40})$) egy só, amelyből ún. nehéz folyadékot készítenek. A keményítőkészítési protokoll kezdetben egy könnyebb nehéz folyadékot használ, hogy eltávolítsa a könnyű, nem keményítőrészecskéket, majd egy nehezebb oldat segítségével szétválasztja a rezidumból a keményítőt a biogén szilikátoktól és más nehezebb ásványoktól. Az oldat elkészíthető a nátrium-polytungstat por nagy tisztaságú vízben történő feloldásával. Az oldást addig kell végezni, amíg 1 ml oldat súlya 1,3 g/ml, ill. 2 g/ml nem lesz. Az oldáshoz szükség lehet melegítésre, de a tömeget mindig szobahőmérsékleten kell mérni. (Megjegyzés: a nátrium-polytungstat egy viszonylag biztonságos és olcsó anyag, ezért ennek használata ajánlott a többi nehéz folyadékhoz használt vegyszerrel szemben.)
- **A nátrium-polytungstat újrahasznosítása:** A nátrium-polytungstat újrahasznosítható. Ahelyett, hogy egyszerűen kiöntenénk a használt folyadék anyalúgot, töltsük tároló edényekbe. Egyszerűen csak szűrjük át alaposan finom szűrőkön (2-3 mikrométeres megfelelő) és sütőben szárítsuk ki, hogy viszszanyerje szilárd állapotát, vagy készítsünk belőle kívánt fajsúlyú oldatot.

A keményítőszemcsék feltárása recens növényi anyagokból

Ez a fejezet összefoglalja azokat a leggyakrabban alkalmazott módszereket, amelyekkel recens növényi anyagból tudunk keményítőszemcséket feltárni és preparátumokat készíteni.

Alapvető eszközök a keményítőpreparáláshoz:

- borotvapenge vagy szike
- fémspatula vagy kenőkés
- üveg mikroszkóptárgylemezek
- fedőlemezek
- eldobható Pasteur-pipetta és fiolák, valamint egy konténer az elhasznált pipetták számára
- főzőpoharak és tubusok
- (üveg) mozsár és mozsártörő a minták porrá őrléséhez, különösen a magok őrlésére (az üveg nem porózus, vagyis könnyű tisztítani két használat között, ezáltal elkerülhetjük a minták keresztszennyeződését)
- szita, amely lehet egy egyszerű műanyaghálós teaszűrő
- csapvíz (először ellenőrizni kell a vizet, hogy nem tartalmaz-e szennyező keményítőt, egyébként desztillált vizet kell használni)
- keményítőmentes kesztyű hasznos a régészeti minták kezeléséhez (vigyázni kell ezek vásárlásakor, mert a pormentesként árult kesztyűk is tartalmazhatnak keményítőt!)
- preparátumrögzítő anyagok
- áteső fényű fénymikroszkóp legalább 40-szeres objektívvel, polarizációs filterekkel, mérőskálával, vagy szálkereszttel rendelkező okkulár a keményítőszemcsék átmérőinek meghatározására

Keményítőpreparátum készítése magokból I.

1. A magokat üvegmozsárban finom porrá őröljük.
2. Tegyük egy kis anyagot a tárgylemezre glicerinnel.
3. Időnként a maghéjat el kell távolítanunk vizes szitálással. Egyes esetekben fontos lehet, hogy a maghéj néhány darabja is rákerüljön a tárgylemezre.

Keményítő-preparátum készítése magokból II.

1. őröljük egy teáskanálnyi magot durva porrá egy üvegmozsárban.
2. Szárazon szűrjük meg az őrleményt szitán keresztül (0,4 mm-es lyukátmérőjű teaszűrő is használható) úgy, hogy ráöntjük a szitára a port, és kézzel nyomkodjuk meg a szita oldalát. A szitán fennmaradó anyagot öntsük ki.
3. Újra őröljük le az anyagot, hogy a nagyobb darabokból finom őrleményt kapjunk és elimináljuk a maghéjakat.
4. Vigyük fel egy kis mennyiségű anyagot a tárgylemezre, és kenjük el egy kis fémspatula segítségével.
5. Most távolítsuk el a nagyobb részecskéket. Ehhez tartsuk a tárgylemezt megfelelő szögben, és a spatula segítségével végezzünk finom kenő mozdulatokat. A kenés hatására a részecskék a tárgylemezen elkenődnek.
6. A metszeteket glicerinnel, Permounttal vagy Karo sziruppal fedjük le.
7. Figyeljünk arra, hogy a keményítőgranulátumok izolációja során óvatosan járjunk el, és elimináljunk minden külső anyagot. A cél az, hogy olyan preparátumot készítsünk, amely megkönnyíti a képfeldolgozást, analízist.

Feltárási protokoll föld alatti tápanyagraktározó növényi részekre:

„A” módszer

1. A gumók felszínét még friss állapotban karcoljuk meg egy fogpiszkálóval, és vegyünk mintát belőle.
2. Kenjük szét a rezidumot három tárgylemezen, és hagyjuk őket kiszáradni.
3. Tegyük a tárgylemezre fedőlemezt és rögzítsük úgy, hogy négy sarkához egy-egy csepp körömlakot adunk.
4. Lassan adjunk vizet a metszethez pipetta segítségével úgy, hogy a pipettát a fedőlemez széléhez helyezzük, és a vizet cseppenként adagoljuk. A kapilláris hatás/szívóhatás bejuttatja a vizet a fedőlemez alá.
5. A hosszú távú tároláshoz Matthews azt javasolja, hogy a növényi mintából kis kockákat vágjunk ki, és 1,5 ml-es Eppendorf csőben, megközelítőleg 36 °C-os sütőben lassan szárítsuk ki őket egy éjszaka át. Ezután a minta hosszabb időn keresztül is tárolható fagyaszóban.

„B” módszer

1. Mossuk meg a friss mintákat, illetve hámozzuk is meg, ha szükséges.
2. A szöveteket tegyük egy nagyobb főzőpohárba és maceráljuk vízben.
3. Szűrjük meg az extraktumot egy hálós szövet segítségével. A lyukméret legyen legalább akkora, hogy a granulátumok átférjenek rajta. A nagyobb darabokat hagyjuk benne a ruhában.
4. Az extraktumot mossuk vízzel háromszor, majd hagyjuk kiszáradni. A mosás hatására a szűrt extraktum leülepszik a főzőpohárban, ezután dekantáljuk róla a vizet. A részecskék méretét figyelembe kell vennünk az ülepítés során. Egy órányi ülepítés az 5 mikrométernél nagyobb részecskék ülepedéséhez elegendő. Figyeljünk arra, hogy megakadályozzuk a levegőben lévő más keményítőszemcsékkel történő szennyezést. Valószínűleg a főzőpohár letakarása óraüveggel vagy parafilmmel csökkenti a szennyeződés mértékét.
5. Tegyük egy cseppet a tárgylemezre, majd vízzel rögzítsük a fedőlemezt. Ennél a módszernél a víz a rögzítő közeg, ami lehetővé teszi a keményítőgranulátumok térbeli mozgását a fedőlemez finom nyomásával.
6. A fedőlemezeket körömlakk segítségével rögzíthetjük.

Keményítőmaradványok feltárása eszközökről

A következő protokoll leírja a szükséges lépéseket a régészeti leletek felületéről történő maradványkinyeréshez. Ez a módszer alkalmazható több különböző anyag esetén is, úgy mint üveg, kő, csont és héj. Ezzel a módszerrel azonban nehéz eltávolítani az anyagot nagyon porózus köeszközök felületéről, mivel a vízcseppeket az anyag nagyon gyorsan magába szívja. A kísérletek segítenek meghatározni a legjobb módszert az egyes esetekben.

1. Cseppentsünk 20-60 µl-nyi vizet Pasteur-pipetta segítségével a leletnek arra a részére, ahonnan mintát szeretnénk venni.
2. Hagyjunk egy vízcseppet a lelet felületén néhány percig. Ezután egy eldobható pipetta hegyével zavarjuk fel a cseppet és karcoljuk meg a lelet felszínét. Lehet, hogy ezt a lépést többször is meg kell ismételni. Távolítsuk el a cseppet a pipettával, próbáljuk minél jobban felszívni a vizet, amennyire csak lehetséges. Porózus homokkő, hólyagüreges bazalt, illetve más hasonló anyagok esetén a vízcsepp gyorsan eloszlik, és hamar felszárad. Ezeknél az anyagoknál hagyjuk, hogy az első vízcsepp felszáradjon és lazítsa a mintát. Adjunk azonnal még egy csepp vizet, és egyből szívjuk vissza a pipettával. Ismételjük addig, amíg kis részecskéket nem látunk az oldatban. (Ez a módszer degradálódott csontok esetében is működik.)
3. A pipettából tegyük a mintát egy tiszta tárgylemez közepére, és szárítsuk ki szobahőmérsékleten. Oszlassuk el a cseppet, hogy megakadályozzuk a talajrészecskék aggregációját, amelyek elhomályosíthatják a látóteret.
4. Alaposan mossunk le és helyezzünk a metszetre egy fedőlemezt, és fixáljuk körömlakk segítségével.

MIKRO-ARCHAEOBOTANIKAI MARADVÁNYOK MEGHATÁROZÁSÁNAK ELMÉLETE

FITOLITOK NEVEZÉKTANA, OSZTÁLYOZÁSA ÉS MORFOLÓGIÁJA

A növényi opálszemcsék osztályozása a tudományterület történetének egyik sarkalatos, és egyben kulcsfontosságú kérdése. Számos azonos elv mentén elkészített, de mégis eltérő osztályozási rendszer ismeretes, amelyeket a világ különböző pontjain fejlesztettek ki. Ezek a rendszerek három nagy csoportba oszthatók:

- taxonómiai megközelítés,
- tipológiai megközelítés és
- taxo-tipológiai megközelítés.

A taxonómiai alapú osztályozási rendszerek lényege, hogy az adott mikromaradvány morfológiai megjelenését a növény szervezetében elfoglalt helye alapján definiálja. Ezt a megközelítési módot döntően a régészeti, archaeobotanikai irányultságú kutatások dolgozták ki annak érdekében, hogy a feltárt mikromaradványok és egy modern növénytani referenciabázis alapján korabeli ember-növény interakciókat határozzanak meg. A tipológiai megközelítés esetében kevésbé fontos a sejtmarmaradvány növényanatómiai helyzete, annál izgalmasabb, hogy megjelenése a mintában milyen élőhelyet, vegetációtípust, közvetve klímát indikál. A fentebb említett két, letisztultnak tekinthető megközelítés célszerű elegyítésével, illetve ismert módszertani alapok harmonizálásával juthatunk el a taxo-tipológiai megközelítésig, amely mindkét alapvető klasszifikációs rendszerből integrálja az adott feladat megoldásához szükséges legfontosabb elemeket.

A számos osztályozás közül a Golyeva-féle (7. táblázat), az elsősorban közép- és közép-kelet-európai ökoszférai rekonstrukciós munkákban használt indikátorcsoportokat, illetve azok ICPN besorolását mutatja be. A módszer a tipológiai megközelítést alkalmazó rendszertani megközelítések közé sorolható. Az indikátorcsoportok kialakításához számos közép- és a közép-kelet-európai recens talaj fitolitkészletét, illetve élő növényekből készített referenciaminták elemzését végezték el.

A 7. táblázatban felsorolt morfortípusok környezetindikáló szerepét Golyeva (2007) nyomán három súlyponti kategóriába oszthatjuk tovább:

- általános morfortípusok (több növény taxon által is képzett, diagnosztikai értékkel nem rendelkező tipológiák)
- lokális környezeti morfortípusok (adott mintában mért mennyiségük jelezheti az ökológiai viszonyokat)
- speciális környezetjelző morfortípusok (adott élőhelyre jellemző növénytársulásban előforduló fajok élőhelyet jelző növényi opálszemcséi)

Ezek a kategóriák az eredmények interpretálásában játszanak jelentékeny szerepet, hiszen egyes indikátorok mintabeli megjelenése (pl. erdei habitatot jelző indikátorok) alacsonyabb részarány mellett is fontos környezetjelző szereppel bírhatnak.


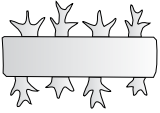



Az osztályozási rendszerek mellett létezik egy „egységes nyelvezet”, amelynek használata minden esetben indokolt. Az ún. ICPN, vagyis International Code for Phytolith Nomenclature lényege, hogy egy olyan egységes nevezéktant szolgáltatson a fitolitelemzést végző kutatók számára, amelynek alapján az egyes tudományos műhelyek között az információcsere egyértelmű és mindenki számára értelmezhető alapokon nyugszik (Madella et al. 2005). A nemzetközi fitolitnomenklatúra segítségével az egyes növényi opálszemcséket legfeljebb három jelzővel, illetve azok kombinációival kell/lehet megnevezni. Amennyiben nem szövetben elkovárosodott, hanem egymagában megfigyelt, elkovárosodott növényi sejtről van szó, meg kell adni annak

- pontos alakját két- (2D), vagy ha lehetséges, akkor háromdimenziós (3D) alakot leíró jelző segítségével,
- textúráját, illetve felszíni mintázatát az ICPN listában szereplő jelzők segítségével, illetve
- a fitolit anatómiai származását, amennyiben az egyértelmű és kétséget kizáróan eldönthető.

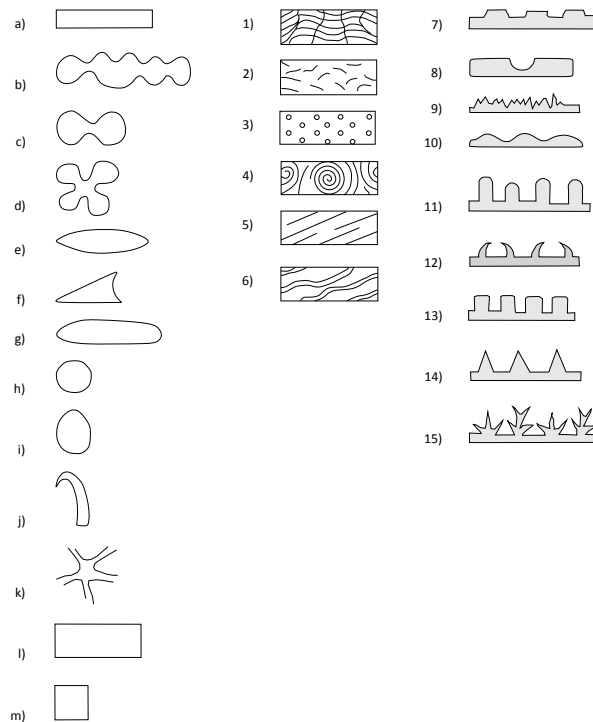
7. táblázat. A Golyeva-féle ökológiai-tipológiai osztályozási rendszer egyes elemei és azok ICPN besorolása

Megnevezés		Megjegyzés
Főbb indikátortípusok		
Ökológiai megnevezés	ICPN jelzők* **	Leírás/jellemzés
Tülevelű fajok indikátorformái	a. köbös (<i>cubic</i> - 3D), négyzet (<i>square</i> - 2D) b. árkos (<i>scrobiculate</i>) c. epidermális eredet (E – <i>epidermal</i>)	A <i>Picea</i> spp. és a <i>Pinus</i> spp. által képzett fitolitok tartoznak ide. Izodiametrikus, köbös alak, jól látható gödröcskékkel a felszínén.
Erdei jellegű habitat pázsitfűfajainak trichomái	a. tűs (<i>acicular</i> - 3D), lándzsás (<i>lanceolate</i> - 2D) b. sima felszínű (<i>psilate</i>) c. trichóma (E – <i>epidermal trichom</i>)	Nagyméretű, hosszú alap (30-50 µm), a trichoma csúcsi része nem lóg túl az alapján.
Mezei jellegű habitat pázsitfűfajainak trichomái	a. tűs (<i>acicular</i> - 3D), horog alak (<i>unciform</i> - 2D) b. sima felszínű (<i>psilate</i>) c. trichoma (E – <i>epidermal trichom</i>)	Kicsi, kör jellegű alap, hosszú, hegyes csúcsban végződő trichoma, mely jelentősen túl lóg az alapon.
Sztyeppei jellegű habitat pázsitfűfajainak indikátor fitolitformái	a. tölcsér alak (<i>conical</i> - 3D)*** b. sima felszínű (<i>psilate</i>) c. epidermális, rövid sejt (SC – <i>epidermal short-cell</i>)	Rendkívül kis méretű (10-15 µm), egyik végén tölcsérszerűen kiszélesedő, másik végén enyhe, sokszor picit kiszélesedő kóralapban végződő.
Száraz habitatok pázsitfűfajainak indikátorformái, illetve a természetbe vont (domesztikált) gabonafélék indikátorai	a. öbölszerű bemélyedések, hengeres (<i>clavate, cylindric</i> - 3D), nyújtott (<i>elongate</i> - 2D) b. dendritikus, tüskés felszínű (<i>corniculate, dendriform, echinate</i>) c. epidermális, hosszú sejt (LC – <i>epidermal longcell</i>)	Félsivatagos élőhelyek pázsitfűfajainak relatíve nagy méretű (20-40 µm), epidermális származású indikátorformái. A xeromorfizmus egyik megjelenési formája. Súlyzóvéghoz hasonló gömbformában végződnek, sok fésűszerűen elhelyezkedő, hegyes vagy lekerekített tüskével a testükön.
Többletvízhatás eredményeképpen fejlődött területek növényzetének indikátorai (pld.: <i>Phragmites communis</i> fitolitjai)	a. trapéz alakú, dendritikus (<i>trapeziform, cuneiform</i>) b. sima felszínű (<i>psilate</i>) c. nádusz (szár), (<i>stem – joint</i>), E – <i>epidermal</i>)	Nagy méretű (50-100 µm), többé-kevésbé izodiametrikus forma, melynek egyik oldala mindig jól láthatóan homorú. A <i>Phragmites communis</i> internódiumaiban képződik.
Egyéb fitolitformák		
Epidermális hosszúsejt fitolitok	a. hengeres (<i>cylindric</i> - 3D), nyújtott (<i>elongate</i> - 2D) b. sima felszínű, szinuszos oldalvonalak (<i>psilate, sinuate</i>) c. epidermális, hosszú sejt (LC – <i>epidermal longcell</i>)	Gyakorlatilag az összes pázsitfűfaj képez a bőrszöveti, ún. hosszúsejtjeiben fitolitot. Ezek alakja és mérete fajspecifikus, illetve külső környezeti tényezők függvénye is. Jól használható adott ösfelszín biomaszatermelésének megítélésére.
Mohafajok fitolitjai	a. gömb alak (<i>globular</i> - 3D), kör alak (<i>orbicular</i> - 2D) b. sima felszínű (<i>psilate</i>) c. epidermisz (E – <i>epidermal</i>)	Nagyon kis méretű (8-10 µm), szabályos gömbalakot mutató fitolitok.
Egyéb szilikátos indikátorok		
Szivacsajok tüskemaradványai		Nyújtott, tubuláris forma, melyen mindig megtalálható a belső, centrális csatorna. <i>Porifera</i> spp.
Diatómák (kovamoszatok vázmaradványai)		A <i>Bacillariophyceae</i> osztály tagjai. Változatos formavilágot mutatnak, legszebbek az ovális, elnyújtott köralakot formáló szilícium-dioxidból felépülő maradványok, de ismereteselek lekerekített háromszöghöz, vagy éppen hajó, illetve ék alakhoz hasonló vázformák is.
Egyéb nem szilikátos növényi indikátorok		
Füdetritusz részecskék		Pázsitfűfajok (<i>Gramineae</i>) szerves eredetű törmeléke, szöveti maradványa.
Fadetritusz részecskék		Fásszárú növényfajok szerves eredetű törmeléke, szöveti maradványa.

Mindezek mellett vannak bizonyos morfortípusok, amelyek rendhagyó elnevezése olyan mélyen gyökerzik a fitolitelemzés gyakorlatában, hogy azok megváltoztatását nem tartották célszerűnek az ICPN Munkacsoport tagjai (Madella et al. 2005). Ezeket az egyszerűsített neveket *nomina conservanda* megjelöléssel találjuk a nevezéktanban. Minden jelző (*descriptor*) latin vagy görög eredetre vezethető vissza, így elvileg számos nyelvre átültethető. Az átültetés, illetve fordítás gyakorlatával kapcsolatban több nemzetközi fórumon is elhangzottak aggályok, amelyek oda vezettek, hogy ezeket a megnevezéseket általában angol formájukban használják (71. és 72. ábra).

Fitolit morfortípus sematikus rajza	<i>Nomina conservanda</i>
	cross
	dendritic
	pappilae
	rondel
	saddle

71. ábra. Példák a fitolitok alakjának leírására az *International Code for Phytolith Nomenclature 1.0* alapján

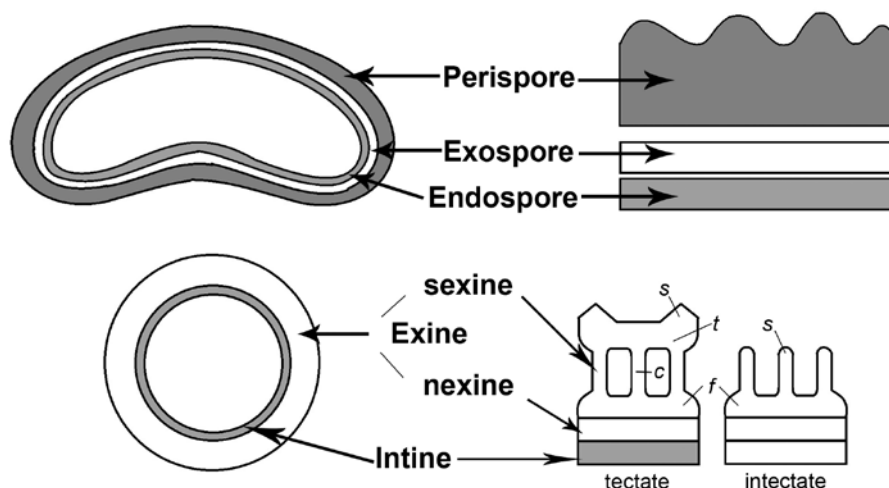


72. ábra. Példák a fitolitok mintázatának leírására az *International Code for Phytolith Nomenclature 1.0* alapján.

- a)–m) 2D-s deskriptorok: a) *elongate*, b) *polylobate*, c) *bilobate*, d) *quadra-lobate*, e) *fusiform*, f) *lanceolate*, g) *oblong*, h) *orbicular*, i) *ovate*, j) *unciform*, k) *stellate*, l) *rectangle*, m) *square*
 1)–15) Textúra- és mintázottsági deskriptorok: 1) *reticulate*, 2) *rugulate*, 3) *scrobiculate*, 4) *spiralling*, 5) *striate*, 6) *sulcate*, 7) *catelate*, 8) *cavate*, 9) *ruminante*, 10) *sinuate*, 11) *columellate*, 12) *corniculate*, 13) *crenate*, 14) *echinate*, 15) *dendriform/dendritic*

A POLLENMORFOLÓGIA ALAPJAI

A zárvatermőkben a virág fejlődésének kezdetén a portok differenciálatlan látszó sejtekből áll (kivéve egy részben differenciálódott dermiszt). A virág fejlődése során négy sejtsoportosulás jelenik meg, melyek pollenzákokká alakulnak (a nyitvatermőknél változatos számú pollenzák lehetséges). A spermatogén sejteket steril sejtek rétegei veszik körül, melyekből a pollenzák fala alakul ki. Egyes sejtek táplálósövetet alkotnak a spermatogén sejtől meiózissal keletkező mikrospórák számára. Négy haploid mikrospóra keletkezik minden diploid spermatogén sejtől, ezek megérése vezet a virágporszem kialakulásához. A kallózfalakkal elhatárolt mikrospórák kialakulása után kifelé történő (centrifugális) sejtfaelválasztással megkezdődik a virágporszem falának kialakulása. A kallózfalat a kalláz enzim felbontja, a szabaddá vált pollenszemek növekednek, kialakul egyedi formájuk, illetve a kiszáradástól jól védő kettős burok (a szárazföldi növényeknél): a pollenfal külső része a főleg nagy ellenálló képességű sporopolleninből, valamint terpénekből álló *exine*, a belső a poliuronsavakból vagy poliuronsavak és poliszacharidok keverékéből felépített, belső oldalán cellulózt tartalmazó *intine* (73. ábra). Az *exine* jól konzerválódik, általában ez az, ami megmarad a fossziliákban. Két részre osztható: belső, homogén rétege a *nexine*, külső, oszlopocskákat/nyúlványokat tartalmazó (*columellae/baculae*) rétege a *sexine*. Utóbbi felületén kialakulhat egy nagyrészt összefüggő fedőrész, a *tectum* vagy tektátus, melynek üregeiben olaj, viasz, pollenkitt halmozódhat fel. Ha a *tectum* nem alakul ki, a pollen intektátus.

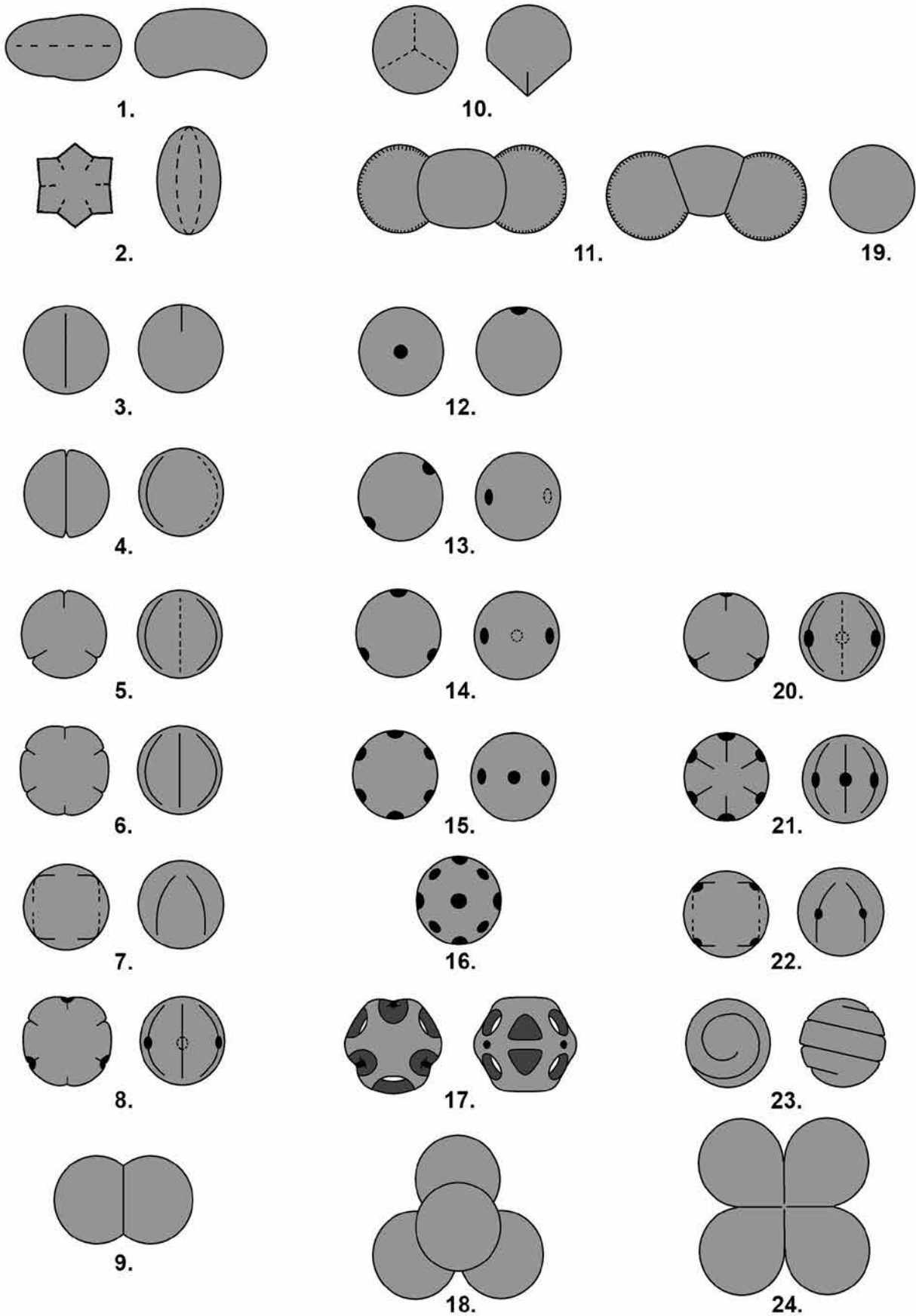


73. ábra. A pollenfal felépítése.
c) Columella, f) footlayer (pedium), s) supratectate, t) tectum

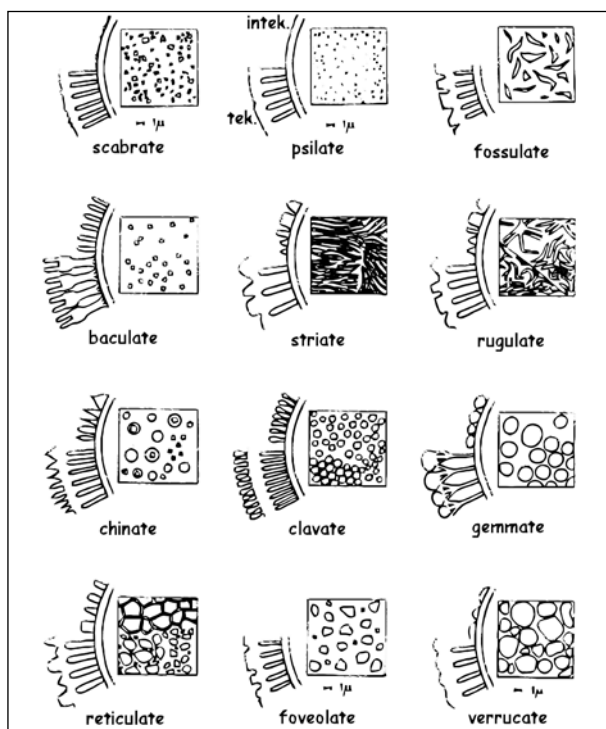
Az *exine* vékonyan maradt részein apertúrák képződhetnek, melyek elkülönülhetnek pórusokra (*pori*), hasítékra (*colpus*), ezeken keresztül lép ki a tömlő a pollenszemből. Apertúra típusok alapján, tehát megkülönböztetünk *colpate*, *porate*, *colporate*, illetve csíranylás nélküli *inaperturate* pollenszemeket, ezek száma változó lehet.

A virágporszemek további morfológiai elkülönítését a pollen falának mintázata adja. E morfológiai sajátosságok alapján főként nemzetség- és családszinten jól elkülöníthetővé válnak a virágporszemek (74. és 75. ábra).

Svéd kutatók, A. Blytt (1876) és J. R. Sernander (1908) skandináv tőzegek rétegtani vizsgálatai során a holocén mintegy 10 ezer évét a jelentősebb klíma- és vegetációváltozás alapján öt főbb szakaszra osztották. Megkülönböztetnek preboreális kort, ezt az uralkodó növényzetről fenyő-nyír kornak is nevezik, borealis mogyoró kort, atlantikus tölgy kort, szub-borealis bükk-kort és szub-atlantikus kort (75. ábra). Ez a felosztás az egész világon elterjedt, és kisebb változtatásokkal, de használják más területeken is, annak ellenére, hogy csak az észak-európai klímajellegnek felel meg. Számos tudós az 1960-as évektől kezdve felhívta a figyelmet arra, hogy „a késő glaciális és holocén pollendiagramokban megfigyelhető karakterisztikus változások nem használhatók relatív kronológiaként egész Európára általánosítva”. Ennek ellenére ma is használják a kronológiában.



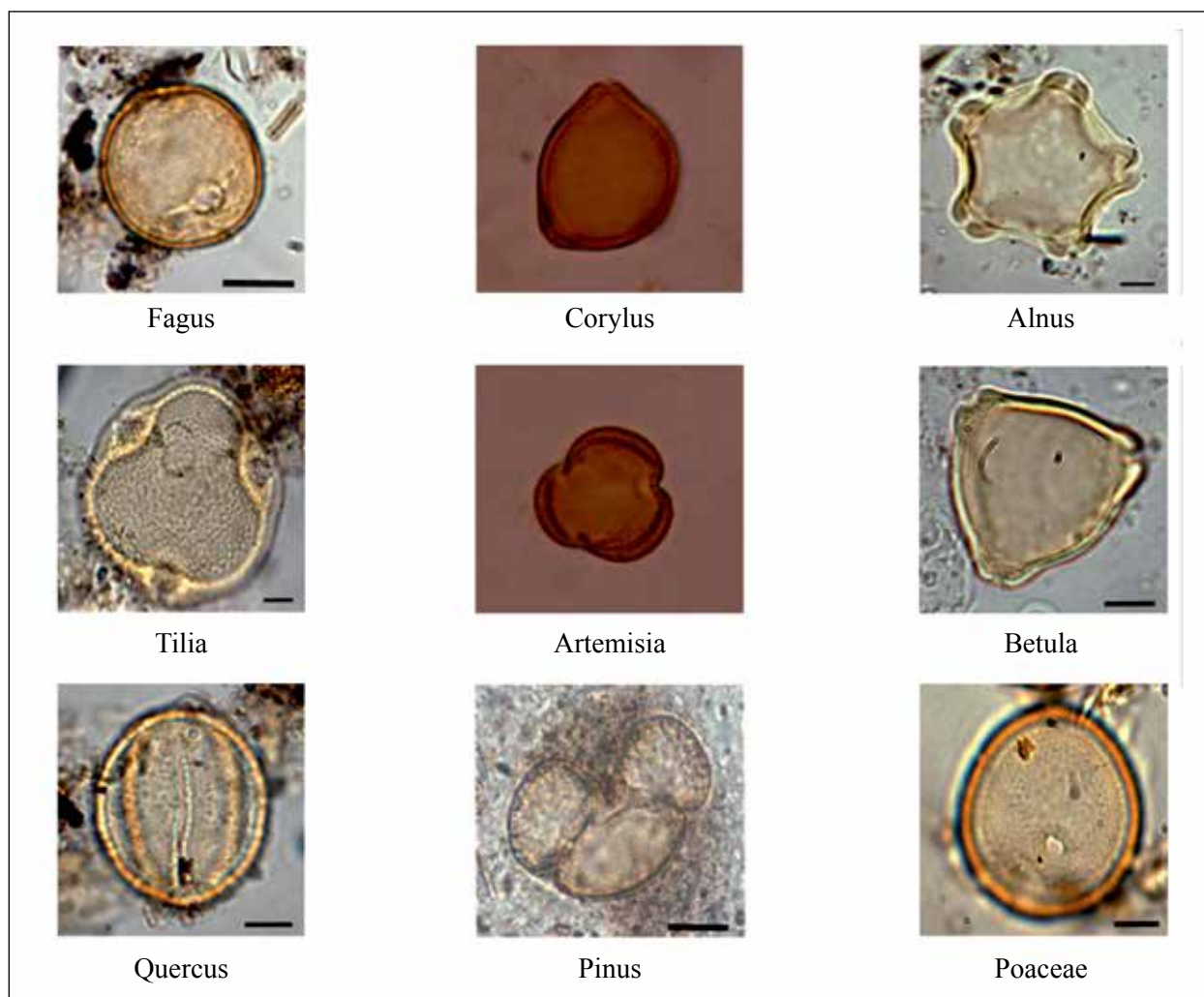
74. ábra. Pollenapertúra típusai. 1) Monolete, 2) poliplicate, 3) monocoplate, 4) dicoplate, 5) tricoplate, 6) zonocoplate, 7) pantocoplate, 8) heterocoplate, 9) dyad, 10) trilete, 11) vesiculate, 12) monoporate, 13) diporate, 14) triporate, 15) zonoporate, 16) pantoporate, 17) fenestrate, 18) és 24) tetrad, 19) inaperturate, 20) tricolporate, 21) zonocolporate, 22) pantocolporate, 23) syncolporate



75. ábra. Pollenszemek exine skulptúrája és struktúrája

A radiokarbon vizsgálatok fejlődésével a palinológusoknak lehetőségük nyílt a pollendiagramok értelmezésének újragondolására. Az 1967-ben Cushing által bevezetett lokális és regionális pollenegyütteszónák fogalma új irányt jelentett ezen a területen. Kiindulási alapul Cushing a recens növényföldrajzi egységeket vette (flóraterület), hangsúlyozva, hogy egy-egy növényföldrajzi egység holocén vegetációfejlődésének fázisait a területről származó, nagyszámú, ^{14}C mérésekkel kiegészített pollendiagram-együttes értékelésével lehet felállítani, és az így előálló pollenzónákat nevezte regionális pollenegyütteszónáknak.

A F. Firbas (1936) vagy W. Zagwijn (1971) által létrehozott pollenzónák, melyeket korábban más vegetációs övezetekre is kiterjesztettek, csak azokon a területeken használhatók, ahol eredetileg megalkották, így ezeket lokális pollenzónáknak tekinthetjük. E zónák megalkotása és a többváltozós statisztikai módszerek alkalmazása új alapokra helyezte a pollendiagram-elemzést.



76. ábra. Pollenszemek fénymikroszkópos képe

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Agarie S., Agata W., Uchida H. Kubota F., Kaufman P. (1996) Function of silica bodies in the epidermal system of rice (*Oryza sativa* L.): Testing the window hypothesis. *Journal of Experimental Botany* 47 (1), 655–660.
- Albert R. M., Bamford M. K., Cabanes D. (2006) Taphony of phytolith and macroplants in different soils from Olduvai Gorge (Tanzania) and the application to Plio-Pleistocene palaeoanthropological sample. *Quaternary International* 148, 78–94.
- Albert R. M., Bar-Yosef O., Meignen L., Weiner S. (2003) Quantitative Phytolith Study of Hearths from the Natufian and Middle Palaeolithic Levels of Hayonim Cave (Galilee, Israel). *Journal of Archaeological Science* 30, 461–480.
- Albert R. M., Lavi O., Estroff L., Weiner S., Tsatskin A., Ronen A., Lev-Yadun S. (1999) Mode of occupation of Tabun Cave, Mt Carmel, Israel During the Mousterian Period: A study of sediments and Phytoliths. *Journal of Archaeological Science* 26, 1249–1260.
- Albert R. M., Shahack-Gross R., Cabanes D., Gilboa A., Lev-Yadun S., Portillo M., Sharon I., Boaretto E., Weiner S. (2008) Phytolith-rich layers from the Late Bronze and Iron Ages at Tel Dor (Israel): mode of formation and archaeological significance. *Journal of Archaeological Science* 35, 57–75.
- Albert R. M., Weiner S., Bar-Yosef O., Meignen L. (2000) Phytoliths in the Middle Palaeolithic Deposits of Kebara Cave, Mt. Carmel, Israel: Study of the Plant Materials used for Fuel and Other Purposes. *Journal of Archaeological Science* 27, 931–941.
- Alexandre A., Meunier J-D., Colin F., Koud J. M. (1997) Plant impact on the biogeochemical cycle of silicon and related processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61 (3), 677–682.
- Baker G. (1959) Opal phytoliths in some Victorian soils and red rain residues. *Australian Journal of Botany* 7 (1), 64–87.
- Ball T. B., Brotherson J. D., Gardner J. S. (1993) A typological and morphometric study of variation in phytoliths from einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.). *Canadian Journal of Botany* 71, 1182–1192.
- Ball T. B., Gardner J. S., Anderson N. (1999) Identifying inflorescence phytoliths from selected species of wheat (*Triticum monococcum*, *T. dicoccon*, *T. dicoccoides*, and *T. aestivum*) and barley (*Hordeum vulgare* and *H. spontaneum*) (Gramineae). *American Journal of Botany* 86 (11), 1615–1623.
- Ball T. B., Gardner J. S., Brotherson J. D. (1996) Identifying Phytoliths Produced by the Inflorescence Bracts of Three Species of Wheat (*Triticum monococcum* L., *T. dicoccon* Schrank., and *T. aestivum* L.) Using Computer-Assisted Image and Statistical Analyses. *Journal of Archaeological Science* 23, 619–632.
- Barber D. A., Shone M. G. T. (1966) The absorption of silica from aqueous solutions by plants. *Journal of Experimental Botany* 17, 569–578.
- Barboni D., Bonnefille R., Alexandre A., Meunier J-D. (1999) Phytoliths as palaeoenvironmental indicators, West Side, Middle Awash Valley, Ethiopia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 152, 87–100
- 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* 6, 49–70.
- Barczi A., Golyeva A. A., Pető Á. (2009) Paleoenvironmental reconstruction of Hungarian kurgans on the basis of the examination of paleosoils and phytolith analysis. Perspectives on Phytolith Research: 6th International Meeting on Phytolith Research. *Quaternary International* 193 (1–2), 49–60.
- Barczi A., Joó K., Pető Á., Bucsí T. (2006) Survey of the buried paleosol under Lyukas-mound. *Eurasian Soil Science* 39 (1), 133–140.
- Bartoli F. (1983) The biogeochemical cycle of silicon in two temperate forest ecosystems. *Ecological Bulletins* 35, 469–476.

- Bartoli F., Wilding L. P. (1980) Dissolution of biogenic opal as a function of its physical and chemical properties. *Soil Science Society of America Journal* 44, 873–878.
- Bashkin V. N., Howarth R. W. (2002) *Modern Biogeochemistry*. Kluwer Academic Publisher, The Netherlands.
- Beavers A. H., Stephen I. (1958) Some features of the distribution of plant-opal in Illinois soil. *Soil Science* 86 (1), 1–5.
- Bennet P. C., Siegel D. I., Hill B. M., Glaser P. H. (1991) Fate of silicate minerals in a peat bog. *Geology* 19, 328–331.
- Bertoldi de Pomar H. (1971) Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana* 8 (3–4), 317–328.
- Bertoldi de Pomar H. (1975) Los silicofitolitos. Sinopsis de su conocimiento. *Darwiniana* 19 (2), 173–206.
- Blackman E., Parry D. W. (1968) Opaline silicadeposition in rye (*Secale cereale* L.). *Annals of Botany* 32, 199–206.
- Blinnikov M. S. (2008): Phytolith analysis in limited paleoenvironmental contexts: AAA (Arctic, alpine or aquatic). *7th International Meeting on Phytolith Research - 4th South American Meeting on Phytolith Research. Book of Abstracts*. Mar del Plata, Argentina.
- Blinnikov M. S. (2005) Phytoliths in plants and soils of the interior Pacific Northwest, USA. *Review of Palaeobotany and Palynology* 135, 71–98.
- Bobrov A. (2007) Phytoliths and micropalaeontological data in a boggy soil. In: Madella M., Zurro D. (eds) *Plants, People and Places. Recent Studies in Phytolith Analysis*. Oxbow Books, Oakville, 155–164.
- Bobrova E., Bobrov A. (1997) Phytoliths in soils: Species composition, distribution along a soil profile, and value as environmental indicators. 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, 5–13.
- Bonnefille R. (1984) Palynological Research at Olduvai Gorge. *National Geographic Society Research Reports* 17, 227–243.
- Bowdery D. (1998) *Phytolith analysis applied to Pleistocene-Holocene archaeological sites in the Australian Arid Zone*. British Archaeological Reports International Series 695.
- Bowdery D. (1999) Phytoliths from tropical sediments: reports from Southeast Asia and Papua New Guinea. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 18, 159–168.
- Bozarth S. (1992) Classification of opal phytoliths formed in selected dicotyledons native to the Great Plains. In: Rapp G. Jr., Mulholland S. C. (eds) *Phytolith Systematics: Emerging Issues (Advances in Archaeological and Museum Science)*, Vol. 1. Plenum Press, New York, 193–214.
- Bozarth S. (1996) *Pollen and Opal Phytolith Evidence of Prehistoric Agriculture and Wild Plant Utilization in the Lower Verde River Valley, Arizona*. PhD Dissertation. University of Kansas.
- Bremond L., Alexandre A., Hély C., Guiot J. (2005) A phytolith index as a proxy of tree cover density in tropical areas: Calibration with LeafArea Index along a forest-savanna transect in southeastern Cameroon. *Global and Planetary Change* 45, 277–293.
- Bremond L., Alexandre A., Wooller M. J., Hély C., Williamson D., Schäfer P. A., Majule A., Guiot J. (2008) Phytolith indices as proxies of grass subfamilies on East African tropical mountains. *Global and Planetary Change* 61, 209–224.
- Carbone V. A. (1977) Phytoliths as paleoecological indicators. *Annals of the New York Academy of Science* 288, 194–205.
- Carnelli A. L., Theurillat J.-P., Madella M. (2004) Phytolith types and types-frequencies in subalpine-alpine plant species of the European Alps. *Review of Palaeobotany and Palynology* 129, 39–65.
- Carter J. A. (1998) Phytoliths from CRP-1. *Terra Antarctica* 5 (3), 571–576.

- Carter J. A. (2009) Atmospheric carbon isotope signatures in phytolith-occluded carbon. *Quaternary International* 193, 20–29.
- Chen C. H., Lewin J. C. (1969) Silicon as a nutrient of *Equisetum arvense*. *Canadian Journal of Botany* 47, 125–131.
- Clarke J. (2003) The occurrence and significance of biogenic opal in the regolith. *Earth-Science Reviews* 60, 175–194.
- Conley D. J. (2002) Terrestrial ecosystems and the global biogeochemical silica cycle. *Global Biogeochemical Cycles* 16 (68/1–68/8).
- Conley D. J., Meunier J.-D., Sommer M., Kaczorek D., Saccone L. (2006) Silicon in terrestrial biogeosphere. In: Ittekkot V., Unger D., Humborg C., Tac An N. (eds) *The Silicon Cycle*. SCOPE, Island Press, Washington D.C., 13–28.
- Cummings L. S. (2007) Phytoliths as artifacts: evidence of treshing on silica bodies. In: Madella M., Zurro D. (eds) *Plants, People and Places. Recent Studies in Phytolith Analysis*. Oxbow Books, Oxford, 151–154.
- Cserny T. (2002) Tavak és lápok üledékének komplex földtani vizsgálatára paleokörnyezet rekonstrukció céljából. *Magyar Állami Földtani Intézet Éves Jelenetése, 1997–1998/I–II*, 135–150.
- Cserny T., Sümegi P. (2004) Late Quaternary geohistory of Sárret Basin, based on studies on core Sárret. *Acta Geologica Hungarica* 46 (4), 391–405.
- Darwin C. R. (1845a) An account on the fine dust which often falls on vessels in the Atlantic Ocean. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 2, 26–30.
- Darwin C. R. (1845b) *Journal of Researches into the Natural History and Geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the World, under the Command of Captain Fitz Roy, R.A.* Second edition, corrected, with Additions. London, John Murray, Albemarle Street.
- Delhon C., Alexandre A., Berger J.-F., Thiébaud S., Brochier J.-L., Meunier J.-D. (2003) Phytolith assemblages as a promising tool for reconstructing Mediterranean Holocene vegetation. *Quaternary Research* 59, 48–60.
- del Puerto L., García-Rodríguez F., Inda H., Bracco R., Castineira C., Adams J. B. (2006) Paleolimnological evidence of Holocene climatic changes in Lake Blanca, southern Uruguay. *Journal of Paleolimnology* 36 (2), 155–163.
- Dietzel M. (2000) Dissolution of silicates and the stability of polysilicic acid. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64, 3275–3281.
- Dietzel M. (2002) Interaction of polysilicic and monosilicic acid with mineral surfaces. In: Stober I., Bucher K. (eds) *Water-rock interaction*. Kluwer, Netherlands, 207–235.
- Drees L. R., Wilding L. P., Smeck N. E., Senkayi A. L. (1989) Silica in soils: quartz and disordered silica polymorphs. In: Dixon J. B., Weed S. B. (eds) *Minerals in Soil Environments*. Soil Science of America, Madison, WI, 913–974.
- Ehrenberg C. G. (1841) Über Verbreitung und Einfluss des mikroskopischen Lebens in Süd- und Nordamerika. *Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 139–141.
- Ehrenberg C. G. (1845) On the muddy deposits at the mouths and deltas of various rivers in Northern Europe, and infusorial animalcules found in those deposits. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 1, 251–257.
- Ehrenberg C. G. (1846) Zusätze zu seinen Mittheilungen über die vulkanischen Phytolitharien der Insel Ascension. In: *Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 191–202. Berlin.
- Ehrenberg C. G. (1849) Passatstaub und Blutregen: ein grosses organisches unsichtbares Wirken und Leben in der Atmosphäre/von Christian Gottfried Ehrenberg; vorgetragen in der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin vom 23 Mai 1844 bis 1849. *Königlichen Akademie der Wissenschaften, Berlin, Abhandlung der Akademie* (1849), 269–460.

- Ehrenberg C. G. (1851) On the tchornoï zem of Russia. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 7 (2), 112–113.
- Ehrenberg. C. G. (1854) *Mikrogeologie: das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbständigen Lebens auf der Erde*. Leipzig, Leopold Voss, 374.
- Eksambakar S. P., Kajale M. D. (2007) Microstratigraphy of an early Historic refuse pit: a phytological approach. In: Madella M., Zurro D. (eds) *Plants, People and Places. Recent Studies in Phytolith Analysis*. Oxbow Books, Oakville, 110–117.
- Elbaum R., Melamed-Bessudo C., Tuross N., Levy A., Weiner S. (2009) New methods to isolate organic materials from silicified phytoliths reveal fragmented glycoproteins but no DNA. *Quaternary International* 193 (1–2), 11–19.
- Epstein E. (1999) Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50 (1), 641–664.
- Ernst W. H. O., Vis R. D., Piccoli F. (1995) Silicon in Developing nuts of the sedges *Schoenus nigricans*. *Journal of Plant Physiology* 146, 481–488.
- Exley C. (1998) Silicon in life: A bioinorganic solution to bioorganic essentiality. *Journal of Inorganic Biochemistry* 69, 139–144.
- Faegri K. (1981) Some pages of the history of pollen analysis. In: Königsson L. K., Paabo K. (eds.): *Florilegium Florinis Dedicatum. Stirae*, 62–69.
- Faegri K., Iversen J. (1989) *Textbook of Pollen Analysis*. John Wiley & Sons, London.
- Farmer V. C., Delbos E., Miller J. D. (2005) The role of phytolith formation and dissolution in controlling concentrations of silica in soil solutions and streams. *Geoderma* 127, 71–79.
- Félegyházi E. (1997) *Palynologiai praktikum*. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- Fishkis O., Ingwersen J., Streck T. (2009) Phytolith transport in sandy sediment: experiments and modeling. *Geoderma* 151, 168–178.
- Fishkis O., Ingwersen J., Lamers M., Denysenko D., Streck T. (2010a) Phytolith transport in soil: A field study using fluorescent labelling. *Geoderma* 157, 27–36.
- Fishkis O., Ingwersen J., Lamers M., Denysenko D., Streck T. (2010b) Phytolith transport in soil: a laboratory study on intact soil cores. *European Journal of Soil Science* 61 (4), 445–455.
- Fredlund G. (1986) Problems in the simultaneous extraction of pollen and phytoliths from clastic sediments. In: Rovner I. (ed.) *Plant Opal Phytolith Analysis in Archaeology and Paleoecology*. Occasional Papers of the Phytolitharian 1. North Carolina State University, Raleigh, 102–110.
- Fredlund G. G., Tieszen L. T. (1994) Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. *Journal of Biogeography* 21, 321–335.
- 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.
- Golyeva A. A. (2001a) Biomorphic analysis as a part of soil morphological investigations. *Catena* 43, 217–230.
- Golyeva A. A. (2001b) *Phytoliths and their information role in natural and archeological objects*. Syktyvar Elista, Moscow.
- Golyeva A. A. (2007) Various phytolith types as bearers of different kinds of ecological information. In: Madella M., Zurro D. (eds) *Plants, People and Places. Recent Studies in Phytolith Analysis*. Oxbow Books, Oxford, 196–201.
- Golyeva A. A., Alekszandrovskiy A. L. (1997) Studies of phytoliths in Moscow cultural layers. 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, 205–209.
- Golyeva A. A., Alexandrovskiy A. L., Tselishcheva L. K. (1995) Phytolith analysis of Holocene Paleosoils. *Eurasian Soil Science* 27 (2), 46–56.

- Golyeva A. A., Khokhlova O. S. (2003) Biomorphic indicators of human-induced transformation of soils under early nomad burial mounds in southern Russia. *Revistas Mexicana de Ciencias Geológicas* 20 (3), 283–288.
- Golyeva A. A., Khokhlova O. S. (2011) The process of the Bolshoi Sintashta Kurgan's construction (Chelyabinsk region, Russia) in the light of pedological and radiocarbon data. In: Pető Á., Barcsi A. (eds) *Kurgan Studies: An environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone*. British Archaeological Reports 2238. Archaeopress, Oxford, 269–276.
- Gorbushina A. A., Kort R., Schulte A., Lazarus D., Schnetger B., Brumsack H. J., Broughton W. J., Favet J. (2007) Life in Darwin's dust: intercontinental transport and survival of microbes in the nineteenth century. *Environmental Microbiology* 9 (12), 2911–2922.
- Graham A., Barker G. (1981) Palynology and tribal classification in the Caesalpinioideae. In: Polhill R. M., Raven P. H. (eds) *Advances in Legume Systematics*. British Museum of Natural History. London, 801–832.
- Grave P., Kealhofer L. (1999) Assessing bioturbation in archaeological sediments using soil morphology and phytolith analysis. *Journal of Archaeological Science* 26, 1239–1248.
- Grimm E. C., Keltner J., Cheddadi R., Hicks S., Lèzine A. M., Berrio J. C., Williams J. W. (2007) Pollen methods and studies. Databases and their Application. In: Scott A. (ed.) *Encyclopedia of Quaternary Science*. Royal Holloway University of London, London, 2521–2523.
- Grob A. (1896) Beitrage zur Anatomie der Epidermis der Gramineenblätter. *Bibliotheca Botanica* 36, 1–63.
- Hart D. M., Humphreys G. S. (1997) The mobility of phytoliths in soils: pedological considerations. In: Pinilla A., Juan-Tresseras J., Machado, M. J. (eds) *Monografias del centro de ciencias medioambientales, CSCI (4), The state-of-the-art of phytoliths in soils and plants*. Madrid, 93–100.
- Harvey E. L., Fuller D. Q. (2005) Investigating crop processing using phytolith analysis: the example of rice and millets. *Journal of Archaeological Science* 32, 739–752.
- Henry A. G., Piperno D. R. (2008) Using plant microfossils from dental calculus to recover human diet: a case study from Tell al-Raqa', Syria. *Journal of Archaeological Science* 35, 1943–1950.
- Hodson M. J., Sangster A. G., Parry D. W. (1982) Silicon deposition in the inflorescence bristles and macrohairs of *Setaria italica* (L.) Beauv. *Annals of Botany* 50 (6), 843–50.
- Hodson M. J., Sangster A. G., Parry D. W. (1985) An ultrastructural study on the developmental phases and silification of the glumes of *Phalaris canariensis* L. *Annals of Botany* 55, 649–665.
- Hodson M. J., Williams S. E., Sangster A. G. (1987) Silica deposition in the needles of Gymnosperms. I. Chemical Analysis and Light Microscopy. In: Pinilla A., Juan-Tresseras J., Machado M. J. (eds) *Monografias del centro de ciencias medioambientales, CSCI (4), The state-of-the-art of phytoliths in soils and plants*. Madrid, 123–133.
- Honaine M. F., Zucol A. F., Osterrieth M. L. (2006) Phytolith Assemblages and Systematic Associations in Grassland Species of the South-Eastern Pampean Plains, Argentina. *Annals of Botany* 98, 1155–1165.
- Horrocks M., Irwin G. J., McGlone M. S., Nichol S. L., Williams L. J. (2003) Pollen, Phytoliths and Diatoms in Prehistoric Coprolites from Kohika, Bay of Plenty, New Zealand. *Journal of Archaeological Science* 30, 13–20.
- Horrocks M., Lawlor I. (2006) Plant microfossil analysis of soils from Polynesian stonefields in South Auckland, New Zealand. *Journal of Archaeological Science* 33, 200–217.
- Hubbard C. E. (1968) *Grasses*. Harmondsworth, Penguin Book.
- Iler R. K. (1979a) *The Chemistry of Silica*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Iler R. K. (1979b) *The Chemistry of Silica: Solubility, Polymerization, Colloid and Surface Properties, and Biochemistry*. John Wiley and Sons Publisher, Brisbane.
- Iriarte J. (2003) Assessing the feasibility of identifying maize through the analysis of cross-shape size and tridimensional morphology of phytoliths in the grasslands of Southeastern South America. *Journal of Archaeological Science* 30, 1085–1094.

- Iriarte J., Paz E. A. (2009) Phytolith analysis of selected native plants and modern soils from southeastern Uruguay and its implications for paleoenvironmental and archaeological reconstruction. *Quaternary International* 193, 99–123.
- Itzstein–Davey F., Taylor D., Dodson J., Atahan P., Zheng H. (2007) Wild and domesticated forms of rice (*Oryza* sp.) in early agriculture at Qingpu, lower Yangtze, China: evidence from phytoliths. *Journal of Archaeological Science* 34 (12), 2101–2108.
- Jacobson G. L., Bradshaw R. H. W. (1981) The selection of sites for palaeovegetational studies. *Quaternary Research* 16, 80–96.
- Jahren A. H., Toth N., Schick K., Clark J. D., Amundson R. G. (1997) Determining Stone Tool Use: Chemical and Morphological Analyses of Residues on Experimentally Manufactured Stone Tools. *Journal of Archaeological Science* 24, 245–250.
- Jakab G., Magyari E. (2000) Új távlatok a magyar lápkutatásban: Szukcesszió kutatás paleobryológiai és pollenanalitikai módszerekkel. *Kitaibelia* 5 (1), 17–36.
- Járainé Komlódi M. (1966) Adatok az Alföld klíma és vegetációtörténetéhez I. A vegetáció változása a Würm glaciális és a holocén folyamán palinológiai vizsgálatok alapján. *Botanikai Közlemények* 53, 191–201.
- Járainé Komlódi M. (1969) Adatok az Alföld negyedkori klíma- és vegetációtörténetéhez. II. A Würm glaciális és a holocén egyes szakaszainak klímarekonstrukciója palinológiai vizsgálatok alapján. *Botanikai Közlemények* 56, 43–55.
- Járainé Komlódi M. (1987) Postglacial climate and vegetation history in Hungary. In: Pécsi M., Kordos L. (eds) *Holocene environment in Hungary*. Budapest, 37–47.
- Járainé Komlódi M. (1993) Puszta-e a puszta? In: Halmos F. (szerk.) *A magyarság kézikönyve*. Pannon Könyvkiadó, Budapest, 68–69.
- Járainé Komlódi M. (1997) A legutóbbi, azaz holocén beerdősödés flóratörténetéről. *Botanikai Közlemények* 84 (1–2), 3–13.
- Járainé Komlódi M. (2000) A Kárpát-medence növényzetének kialakulása. In: Bartha Dénes (szerk.) *Tilia. Válogatott tanulmányok* II., 40–51.
- Járainé Komlódi M. (2009) Hazánk növényvilágának kialakulása. Evolúció. *Természettudományi Közlemények* 140 (5), 205–207.
- Jones J. G., Bryant Jr. V. M. (1992) Phytolith Taxonomy in Selected Species of Texas Cacti. In: Rapp G. Jr., Mulholland S. C. (eds) *Phytolith Systematics: Emerging Issues (Advances in Archaeological and Museum Science)*. Vol. 1. Plenum Press, New York, 215–238.
- Jones L. H. P., Handreck K. A. (1965) Studies of silica in the oat plant. III. Uptake of silica from soils by the plant. *Plant and Soil* 23 (1), 79–96.
- Jones R. L., Beavers A. H. (1979) Aspects of catenary and depth distribution of opal phytoliths in Illinois soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 28 (3), 413–416.
- Juan-Tresserras J. (1998) La cerveza prehistórica: investigaciones arqueobotánicas y experimentales. In: Maya J. L., Cuesta F., López-Cachero J. L. (eds) *Genó: un poblado del Bronce Final en el Bajo Segre (Lleida)*. Publicaciones de la Universitat de Barcelona, SERP, San Miguel, Barcelona, 239–252.
- Juhász I. (2007) The pollen sequence from Sárkeszi I. In: Zatykó Cs., Juhász I., Sümegi P. (eds) *Environmental Archaeology in Transdanubia*. Varia Archaeologica Hungarica XX. Archeological Institute of Hungarian Academy of Sciences, Budapest, 367–372.
- Kajale M. D., Eksambakar S. P. (2007) Phytolith analytical study on a Late Chalcolithic – Early Historical archaeo-stratigraphical sequence from Balathal, South Rajasthan, India. In: Madella M., Zuro D. (eds) *Plants, People and Places. Recent Studies in Phytolith Analysis*. Oxbow Books, Oakville, 118–134.
- Kamanina I. Z. (1997a) Phytoliths data analysis of soils of different landscape zones In: Pinilla A., Juan-Tresserras 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, 23–32.

- Kamanina I. Z. (1997b) Accumulation of phytoliths in Southern Taiga soils of different age. 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, 45–47.
- Kamanina I. Z., Shoba A. (1997) The phytoliths analysis applied to soils of complex formation and paleosoils. 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, 33–43.
- Kanno I., Arimura S. (1958) Plant opal in Japanese Soils. *Soil and Plant Food* 4 (2), 62–67.
- Kaufman P. B., Dayanandan P., Franklin C. I. (1985) Structure and function of silica bodies in the epidermal system of grass shoots. *Annals of Botany* 55, 487–507.
- Kealhofer L., Piperno D. R. (1994) Early agriculture in Southeast Asia: Phytolith analysis evidence from the Bang Pakong Valley, Thailand. *Antiquity* 68, 564–572.
- Kealhofer L., Torrence R., Fullagar R. (1999) Integrating phytoliths within use-wear/residue studies of stone tools. *Journal of Archaeological Science* 26, 527–546.
- Klein R. L., Geist J. W. (1978) Biogenic silica in the Pinaceae. *Soil Science* 126 (3), 145–156.
- Kreiter A., Pető Á., Pánczél P. (2013) Materialising tradition: ceramic production in Early Neolithic Hungary. In: Bánffy E. (ed.) *The Early Neolithic in the Danube-Tisza interfluve*. British Archaeological Reports International Series 2584, Archaeolingua Central European Series 7, Budapest, 127–140.
- Kreiter A., Riebe D. J., Parkinson W. A., Pető Á., Tóth M., Pánczél P., Bánffy E. (2014) Unique in its chaîne opératoire, unique in its symbolism: undressing a figurine from the 6th Millennium BC Körös culture, Hungary. *Journal of Archaeological Science* 44, 136–147.
- Kondo R., Childs C., Atkinson I. (1994) *Opal phytoliths of New Zealand*. Manaaki Whenua Press, Canterbury, New Zealand.
- Korstanje M. A., Babot M. del P. (2007) Microfossils characterization from south Andean economic plants. In: Madella M., Zurro D. (eds.): *Plants, People and Places. Recent Studies in Phytolith Analysis*. Oxbow Books, Oakville, 41–72.
- Korstanje M. A., Babot M. del P. (eds) (2008) *Matices Interdisciplinarios en Estudios Fitolíticos y de Otros Microfósiles*. BAR International Series 1870.
- Krasilov V. A. (1975) *Paleoecology of Terrestrial Plants. Basic Principles and Techniques*. New York, Toronto, Jerusalem.
- Krumbein W. E. (1995) Gone with the wind – a second blow against spontaneous generation. In memoriam, Christian Gottfried Ehrenberg (1795–1876). *Aerobiologia* 11, 205–211.
- Kurmann M. H. (1985) An opal phytolith and palynomorph study of extant and fossil soils in Kansas (U.S.A.). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 49, 217–235.
- Lanning F. C. (1966) Silica and calcium deposition in the tissues of certain plants. *Advancing Frontiers of Plant Science* 13, 55–66.
- Lazarus D. B. (1998) The Ehrenberg Collection and its curation. In: Williams D. M., Huxley R. (eds) *Christian Gottfried Ehrenberg (1795–1876): The Man and His Legacy*. New York, USA: Special Publication of the Linnean Society, Academic Press, 31–48.
- Lewis R. O. (1978) Use of opal phytoliths in paleo-environmental reconstruction. *Wyoming Contributions to Anthropology* 1, 127–132.
- Lewis R. O. (1981) Use of opal phytoliths in paleo-environmental reconstruction. *Journal of Ethnobiology* 1, 127–132, 175–181.
- 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.
- Lisztes-Szabó Zs., Kovács Sz., Barna Cs., Pető Á. (2014) Pázsitfű mellékhajtások fitolitikészletének egyedi varianciája a *Poa pratensis* L. (Poaceae) példáján. *Botanikai Közlemények* 100 (1), 155–177.

- Lisztes-Szabó Zs., Kovács Sz., Pető Á. (2014) Phytolith analysis of *Poa pratensis* (Poaceae) leaves. *Turkish Journal of Botany* 38, 851–863.
- Lu H., Wang Y., Wang G., Yang H., Zhen L. (2000) Analysis of carbon isotope in phytoliths from C3 and C4 plants and modern soils. *Chinese Science Bulletin* 45 (19), 1804–1807.
- Madella M. (1997) Phytoliths from a Central Asia loess-paleosol sequence and modern soils: their taphonomical and paleoecological implication. 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, 49–56.
- Madella M. (2007) The silica skeletons from the anthropic deposits. In: Whittle A. (ed.) *The Early Neolithic on the Great Hungarian Plain. Investigations of the Körös culture site of Ecsegfalva 23, County Békés*. Varia Archaeologica Hungarica XXI. Publicationes Instituti Archaeologici Academiae Scientiarum Hungaricae Budapestini. Budapest, 447–460.
- Madella M. (2008) The stones from plants: A review of phytolith studies and classification in Europe, Asia and North America. In: Zucol A. F., Osterrieth M. L., Brea M. (eds) *Fitolitos estados actual de su conocimiento en America del Sur*. Universidad Nacional de Mar del Plata, 23–39.
- Madella M., Alexandre A., Ball T. (2005) International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of Botany* 96, 253–260.
- Madella M., Jones M. K., Goldberg P., Goren Y., Hovers E. (2002) The Exploitation of Plant Resources by Neanderthals in Amud Cave (Israel): The Evidence from Phytolith Studies. *Journal of Archaeological Science* 29, 703–719.
- Magyari E., Chapman J. C., Passmore D. G., Allen J. R. M., Huntley J. P., Huntley B. (2010) Holocene persistence of wooded steppe in the Great Hungarian Plain. *Journal of Biogeography* 37 (5), 915–935.
- Ma J. F., Yamaji N. (2006) Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science* 11 (1), 392–397.
- Medzihradzsy Zs. (2003) *Antropogén hatások vizsgálata holocén pollendiagramokban. Kis-Balaton és a Tapolcai-medence*. PhD értekezés, Eötvös Loránd Tudományegyetem Őslénytani Tanszék, Budapest.
- Medzihradzsky Zs. (2009) Kisléptékű klímaváltozások nyomon követése a palinológia módszereivel: gondok és lehetőségek. In: Kázmér M. (szerk.) *Környezettörténet*. Hantken Kiadó, Budapest, 437–448.
- Mejia-Saules T., Bisby F. A. (2003) Silica bodies and hooked papillae in lemmas of *Melica* species (Gramineae: Pooideae). *Botanical Journal of The Linnean Society* 141 (4), 447–463.
- 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, 91–113.
- Metcalf C. R. (1960) *Anatomy of the monocotyledons. Vol. I. Gramineae*. Oxford University Press, Oxford at the Clarendon Press.
- Meunier J. D., Colin F. (eds) (2001) *Phytoliths: Application in Earth Science and Human History*. A. A. Balkema Publishers, Sweets and Zeitlinger B.V., Lisse.
- Miller Rosen A. (1992) Preliminary identification of silica skeletons from near eastern archaeological sites: An anatomical approach. In: Rapp G. Jr., Mulholland S. C. (eds) *Phytolith Systematics: Emerging Issues (Advances in Archaeological and Museum Sciences)* Vol. 1. Plenum Press, New York, 129–147.
- Miller A. (1980) *Phytoliths as indicators of farming techniques*. Paper presented at the 45th Annual Meeting of the Society for American Archaeology, Philadelphia.
- Miller Rosen A. (1986) *Cities of Clay: the Geoarchaeology of Tells*. University of Chicago Press, Chicago.
- Miller Rosen A. (1994) Identifying ancient irrigation: a new method using opaline phytoliths from Emmer wheat. *Journal of Archaeological Science* 21 (1), 125–132.
- Mulholland S. C., Rapp G. Jr. (1992) Phytolith systematics: An introduction. In: Rapp G. Jr., Mulholland S. C. (eds) *Phytolith Systematics: Emerging Issues (Advances in Archaeological and Museum Science)*. Vol. 1. Plenum Press, New York, 1–13.

- Nagyné Bodor E. (1988) A Balaton pannoniai és holocén képződményeinek palynológiai vizsgálata. *Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése az 1986. évről*. Budapest, 535–568.
- Netolitzky F. (1914) Anatomische Beobachtung an Zerealienfrüchten. *Österreichische Botanische Zeitschrift* LXIV 7, 265–272.
- Netolitzky F. (1929) Die Kieselkörper. In: Linsbauer K. (Hrsg.): *Handbuch der Pflanzenanatomie* 3 (1a). Gebrüder Bonträger, Berlin, 1–19.
- Netolitzky F. (1926) *Anatomie der Angiospermen-Samen*. Handbuch der Pflanzenanatomie Vol. 10, Berlin.
- Netolitzky F. (1931) Unser Wissen von den alten Kulturpflanzen Mitteleuropas. *Bericht der Römisch-Germanischen Kommission* 20, 14–76.
- Okuda A., Takahashi E. (1964) *The role of silicon*. The mineral nutrition of the rice plant. Proceedings of the Symposium of the International Rice Research Institute. Johns Hopkins Press, Baltimore, 123–146.
- Osterrieth M. L. (2001a) Silicofitolitos en sedimentos loessicos de la állanura inter y periserrana de Tandilla, Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana* (Suplemento, resúmenes) 38 (4), 47–48.
- Osterrieth M. L. (2001b) Silicobiolitos/Silicofitolitos: su rol en la matriz de suelos y paleosuelos de ambientes costeros de Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana* (Suplemento) 38(4), 47.
- Osterrieth M. L. (2007) Micromorphology and phytoliths study in coastal dunes of the Southeastern Pampean Plains, Buenos Aires province, Argentina. In: Madella M., Zurro D. (eds) *Plants, People and Places. Recent Studies in Phytolith Analysis*. Oxbow Books, Oakville, 201–208.
- Osterrieth M. L., Madella M., Zurro D., Fernanda Alvarez M. (2009) Taphonomical aspects of silica phytoliths in the loess sediments of the Argentinean Pampas. *Quaternary International* 193, 70–79.
- Parfenova E. I., Yarilova E. A. (1956) The formation of secondary minerals in connection with the migration of elements. *Pochvovedenie* 4, 38–42.
- Parr J. F. (2006) Effect of Fire on Phytolith Coloration. *Geoarchaeology* 21 (2), 171–185.
- Parry D. W., Hodson M. J. (1982) Silica distribution in the caryopsis and inflorescence bracts of foxtail millet [*Setaria italica* (L.) Beauv.] and its possible significance in carcinogenesis. *Annals of Botany* 49, 531–540.
- Parry D. W., Smithson F. (1966) Opaline silica in the inflorescens of some British grasses and cereals. *Annals of Botany* 30, 525–538.
- Parry D. W., Winslow A. (1977) Electron-probe microanalysis of silicon accumulation in the leaves and tendrils of *Pisum sativum* (L.) following root severance. *Annals of Botany* 41, 275–280.
- Pearsall D. M. (1978) Phytolith analysis of archaeological soils: Evidence for maize cultivation in Formative Ecuador. *Science* 199, 177–178.
- Pearsall D. M. (1982) Maize Phytoliths: A clarification. *Phytolitharien Newsletter* 1 (2), 3–4.
- Pearsall D. M. (2000) *Paleoethnobotany. A handbook of procedures*. Academic Press, London.
- Pearsall D. M. (2002) Maize is Still Ancient in Prehistoric Ecuador: The Review from Real Alto, with Comments on Staller and Thompson. *Journal of Archaeological Science* 29, 51–55.
- Pearsall D. M., Chandler-Ezell K., Zeidler J. A. (2004) Maize in ancient Ecuador: results of residue analysis of stone tools from the Real Alto site. *Journal of Archaeological Science* 31, 423–442.
- Pearsall D. M., Piperno D. R. (eds) (1993) *Current research in phytolith analysis: applications in archaeology and paleoecology*. Masca Research Papers in Science and Archaeology, Vol. 10. The University Museum of Archaeology and Anthropology, University of Pennsylvania.
- Perry Williams R. J. P., Fyfe C. A., Gobbi G. C., Kennedy G. J. (1983) The characterisation of the nature of silica in biological systems. *Journal of the Chemical Society, Chemical Communication* 4, 168–170.
- Persaits G., Farkas Cs., Pap I. K. (2010) Késő vaskori (kelta), kora középkori és kora Árpád-kori őrlőkövek fitolitelemzése (Vas megye, Magyarország). *Archaeometriai Műhely* 2010 (3), 215–225.

- Persaits G., Sümegi P. (2011) A fitolitok szerepe a régészeti geológiai és környezettörténeti minták értékelésében. In: Unger J., Pál-Molnár E. (szerk.) *Geoszférák 2010*. GeoLitera, SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, Szeged, 307–354.
- Pető Á. (2013) Studying modern soil profiles of different landscape zones in Hungary: an attempt to establish a soil-phytolith identification key. *Quaternary International* 287, 149–161.
- Pető Á. (2007) Introducing the phytolith analysis: A suitable method in palaeoecology and landscape ecology. *Tájökológiai Lapok* 5 (1), 91–102.
- Pető Á. (2009a) A növényi opálszemcsék kutatásának rövid tudománytörténeti áttekintése a felfedezéstől napjainkig. *Tájökológiai Lapok* 7 (1), 39–63.
- Pető Á. (2009b) A fitolitikutatás szerepe az öskörnyezetben és a környezetrégészetben, valamint hazai alkalmazásának lehetőségei. *Archeometriai Műhely* 2009 (2), 15–30.
- Pető Á. (2010a) Detecting ancient surfaces. The method of (semi)quantitative phytolith and biomorph analysis. *Archeologia e Calcolatori* 21 (2010), 309–318.
- Pető Á. (2010b) *A Magyarországon előforduló meghatározó jelentőségű és gyakori talajtípusok fitolit profiljának katasztere*. Ph.D. értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő.
- Pető Á. (2011) Hazai talajszelvények fitolit morfortípus-diverzitása. *Agrokémia és Talajtan* 60 (1), 45–64.
- Pető Á., Cummings L. S. (2011) Palaeovegetational reconstruction of the Hajdúnánás-Tedej-Lyukas-halom based on combined micropalaeobotanical analysis. In: Pető Á. and Barczy A. (eds) *Kurgan Studies. An environmental and archaeological multiproxy study of burial mounds in the Eurasian steppe zone*. British Archaeological Reports, Archaeopress, Oxford, 315–325.
- Pető Á., Gyulai F., Pópi D., Kenéz Á. (2012) Macro- and micro-archaeobotanical study of a vessel content from a Late Neolithic structured deposition from southeastern Hungary. *Journal of Archaeological Science* 40 (2013), 58–71.
- Pető Á., Kenéz Á. (2015). Régészeti talajtani és növénytani módszerek a térhasználat-elemzés szolgálatában. *Magyar Régészet* 2015 Tél, 1–14.
- Pető Á., Kenéz Á., Baklanov Sz., Ilon G. (2012) Integrált archaeobotanikai vizsgálatokra alapozott objektumon belüli térhasználat-elemzés: Módszertani esettanulmány Győr–Ménfőcsanak–Széles-földek lelőhelyről. *Archeometriai Műhely* IX (3), 173–204.
- Pető Á., Kenéz Á., Csabainé Prunner A., Lisztes-Szabó Zs. (2015) Activity area analysis of a Roman period semi-subterranean building by means of integrated archaeobotanical and geoarchaeological data. *Vegetation History and Archaeobotany* 24 (1), 101–120.
- Pető Á., Kenéz Á., Lisztes-Szabó Zs., Sramkó G., Laczkó L., Marianna M., Bóka G. (2017) The first archaeobotanical evidence of *Lagenaria siceraria* from the territory of Hungary: histology, phytoliths and (a)DNA. *Vegetation History and Archaeobotany* 26 (1), 125–142.
- Pető Á., Vrydaghs L. (2016) Phytolith Analysis of Ceramic Thin-Sections. First Taphonomical Insights from Experiments with Vegetal Tempering. In: Sibbeson E., Jervi B., Coxon S. (eds) *Insight from Innovation: New Light on Archaeological Ceramics*. Southampton Monographs in Archaeology, New Series 6, The Highfield Press, St Andrews, UK, 57–73.
- Piperno D. R. (1984) A comparison and differentiation of phytoliths from maize and wild grasses: Use of morphological criteria. *American Antiquity* 49, 361–383.
- Piperno D. R. (1988) *Phytolith Analysis: An Archaeological and Geological Perspective*. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, San Diego.
- Piperno D. R. (1997) Phytoliths and microscopic charcoal from LEG 155: A vegetational and fire history of the amazon basin during the last 75 k.y. In: Flood R. D., Piper D. J. W., Klaus A., Peterson L. C. (eds) *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 155, 411–418.
- Piperno D. R. (2006) *Phytoliths. A Comprehensive Guide for Archaeologists and Palaeoecologists*. Altamira Press.

- Piperno D. R., Holst I., Wessel-Beaver L., Andres T. C. (2002) Evidence for the Control of Phytolith Formation in Cucurbita Fruits by the Hard Rind (Hr) Genetic Locus: Archaeological and Ecological Implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 99, 10923–10928.
- Piperno D. R., Pearsall D. M. (1993) Phytoliths in the reproductive structures of maize and teosinte: implications for the study of maize evolution. *Journal of Archaeological Science* 20, 337–362.
- Piperno D. R., Pearsall D. M. (1998) *The Origins of Agriculture in the Lowland Neotropics*. Academic Press, San Diego.
- Piperno D. R., Stothert K. E. (2003) Phytolith Evidence for Early Holocene Cucurbita Domestication in Southwest Ecuador. *Science* 299, 1054–1057.
- Portillo M., Albert R. M., Henry D. O. (2009) Domestic activities and spatial distribution in Ain Abu Nukhayla (Wadi Rum, Southern Jordan): The use of phytoliths and spherulites studies. *Quaternary International* 193, 174–183.
- Power-Jones A. (1992) Great expectations: A short historical review of European phytolith systematics. In: Rapp G. Jr., Mulholland S. C. (eds) *Phytolith Systematics: Emerging Issues (Advances in Archaeological and Museum Science)* Vol. 1. Plenum Press, New York, 15–35.
- 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.
- Prychid C. J., Rudall P. (1999) Calcium oxalate crystals in monocotyledons: a review of their structure and systematics. *Annals of Botany* 84, 725–729.
- Prychid C. J., Rudall P. J., Gregory M. (2003) Systematics and Biology of Silica Bodies in Monocotyledons. *The Botanical Review* 69 (4), 377–440.
- Rapp G. Jr., Mulholland S. C. (1992) *Phytolith Systematics: Emerging Issues (Advances in Archaeological and Museum Science)* Vol. 1. Plenum Press, New York.
- Raven J. A. (1983) The transport and function of silica in plants. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 58, 179–207.
- Reinhard K. J., Danielson D. R. (2005) Pervasiveness of Phytoliths in Prehistoric Southwestern Diet and Implications for Regional and Temporal Trends for Dental Microwear. *Journal of Archaeological Science* 32, 981–988.
- Rovner I. (1971) Potential of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction. *Quaternary Research* 1 (3), 345–359.
- Rovner I. (2008) *Bibliography of Phytolith Studies*. Unpublished manuscript, 125.
- Rovner I., Russ J. C. (1992) Darwin and design in phytolith systematics: Morphometric methods for mitigating redundancy. In: Rapp G. Jr., Mulholland S. C. (eds) *Phytolith Systematics: Emerging Issues (Advances in Archaeological and Museum Science)* Vol. 1. Plenum Press, New York, 253–276.
- Runge F. (1996) Opal phytolithen von Pflanzen aus dem humiden und semi-ariden Osten Afrikas und ihre Bedeutung für die Klima- und Vegetationsgeschichte. *Botanische Jahrbücher für Systematik Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* 118 (3), 303–363.
- Runge F. (1999) The opal phytolith inventory of soils in Central Africa: Quantities, shapes, classification, and spectra. *Review of Paleobotany and Palynology* 107, 23–53.
- Sangster A. G. (1977) Characteristics of silica deposition in *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. (crabgrass). *Annals of Botany* 41, 341–350.
- Sangster A. G., Hodson M. J. (2001) Silicon and aluminium codeposition in the cell wall of gymnosperm leaves. In: Meunier J. D., Collin F. (eds) *Phytoliths: Application in Earth Sciences and Human History*. A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, 343–355.
- Sangster A. G., Hodson M. J., Parry D. W., Rees J. A. (1983) A developmental study of silification in the trichomes and associated epidermal structures of the inflorescence bracts of the grass *Phalaris canariensis* (L.). *Annals of Botany* 52, 171–187.

- Sangster A. G., Hodson M. J., Tubb H. J. (2001) Silicon Deposition in Higher Plants. In: Datnoff I. E., Snyder G. H., Korndörfer G. H. (eds) *Silicon in Agriculture*. Elsevier Science, Amsterdam, 85–113.
- Sangster A. G., Parry D. W. (1971) Silica deposition in the grass leaf in relation to transpiration and the effect of Dinitrophenol. *Annals of Botany* 35 (1), 667–677.
- Sarjeant W. A. S. (1978) Hundredth year memorial: Christian Gottfried Ehrenberg 1795–1877. *Palynology* 2, 209–211.
- Sauer D., Saccone L., Conley D. J., Herrmann L., Sommer M. (2006) Review of methodologies for extracting plant-available and amorphous Si from soils and aquatic sediments. *Biogeochemistry* 80, 89–108.
- Seppä H. (2007) Pollen analysis Principle. In: Scott A. A. (ed.) *Encyclopedia of Quaternary Science*. Royal Holloway University of London, London, 2486–2497.
- Shahack-Gross R., Shemesh A., Yakir D., Weiner S. (1996) Oxygen isotopic composition of opaline phytoliths: Potential for terrestrial climatic reconstruction. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60, 3949–3953.
- Sommer M., Kaczorek D., Kuzyakov Y., Breuer J. (2006) Silicon pools and fluxes in soils and landscapes – a review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 169, 310–379.
- Sterling C. (1967) Crystalline silica in plants. *American Journal of Botany* 54, 840–844.
- Straka H. (1975) *Pollen- und Sporenkunde*. Stuttgart.
- Sugita S. (1994) Pollen representation of vegetation in Quaternary sediments: theory and method in patchy vegetation. *Journal of Ecology* 802, 885–887.
- Traverse A. (2007) *Paleopalynology*. Springer, Dordrecht.
- Tréguer P., Pondaven P. (2000) Silica control of Carbon dioxide. *Nature* 406, 358–259.
- Tsartsidou G., Lev-Yadun S., Albert R. M., Miller Rosen A., Efstratiou N., Weiner S. (2007) The phytolith archaeological record: strengths and weaknesses evaluated based on a quantitative modern reference collection from Greece. *Journal of Archaeological Science* 34, 1262–1275.
- Tsartsidou G., Lev-Yadun S., Efstratiou N., Weiner S. (2007) Ethnoarchaeological study of phytolith assemblages from an agro-pastoral village in Northern Greece (Sarakini): development and application of a Phytolith Difference Index. *Journal of Archaeological Science* 35, 600–613.
- Twiss P. C. (1992) Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. In: Rapp G. Jr., Mulholland S. C. (eds) *Phytolith Systematics: Emerging issues (Advances in Archaeological and Museum Science)* Vol. 1. Plenum Press, New York, 113–128.
- Twiss P. C. (2001) A curmudgeon's view of grass phytolithology. In: Meunier J. D., Collin F. (eds) *Phytoliths: application in earth sciences and human history*. A. A. Balkema Publishers, Rotterdam, 7–27.
- Twiss P. C., Suess E., Smith R. M. (1969) Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Science Society of America Proceedings* 33, 109–115.
- Usov N. I. (1943) Biological accumulations of SiO₂ in soils. *Pochvovedenie* 9–10, 30–36.
- van der Worm P. D. J. (1980) Uptake of Si by five plant species as influenced by variations in Si supply. *Plant and Soil* 56, 153–156.
- Verma S. D., Rust R. H. (1969) Observations on opal phytoliths in a soil biosequence in southeastern Minnesota. *Soil Science Society of America Proceedings* 33 (5), 749–751.
- Wallis L. (2003) An overview of leaf phytolith production patterns in selected northwest Australian flora. *Review of Palaeobotany and Palynology* 125, 201–248.
- Watanabe N. (1968) Spodographic evidence of rice from prehistoric Japan. *Journal of the Faculty of Science of the University of Tokyo* 3 (3), 217–235.
- Watanabe N. (1970) Spodographic analysis of millet from prehistoric Japan. *Journal of the Faculty of Science of the University of Tokyo* 3 (5), 357–384.
- Wilding L. P. (1967) Radiocarbon dating of biogenetic opal. *Science* 156 (3771), 66–67.

- Wilding L. P., Brown R. E., Holowaychuk N. (1967) Accessibility and properties of occluded carbon in biogenetic opal. *Soil Science* 103, 56–61.
- Wilding L. P., Drees L. R. (1971) Biogenic opal in Ohio soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 35, 1004–1010.
- Wollast R., Mackenzie F. T. (1983) Global cycle of silica. In: Aston S. R. (ed.) *Silicon Geochemistry and Biogeochemistry*, Academic Press, 39–76.
- Yarilova E. A. (1956) Mineralogical investigation of a subalpine chernozem on andesite basalt. *Kora Vyvetrivaniya* 2, 45–60.
- Yeck R. D., Gray F. (1972) Phytolith size characteristics between Udolls and Ustolls. *Soil Science Society of America Proceedings* 36 (4), 639–641.
- Zhao Z., Pearshall D. M. (1998) Experiments for improving phytolith extraction from soils. *Journal of Archaeological Science* 25, 587–598.
- Zheng Y., Dong Y., Matsui A., Udatsu T., Fujiwara H. (2003) Molecular genetic basis of determining subspecies of ancient rice using the shape of phytoliths. *Journal of Archaeological Science* 31, 1215–1221.

III. INTEGRÁLT ARCHAEOBOTANIKAI ESETTANULMÁNYOK
Példák az integrált archaeobotanikai kutatásokra
a mintavételtől az adatkiértékelésig

„ÚJ TÍPUSÚ” PELYVÁS BÚZA-MARADVÁNYOK HÓDMEZŐVÁSÁRHELY-KOPÁNC S I. RÉZKORI LELŐHELYRŐL

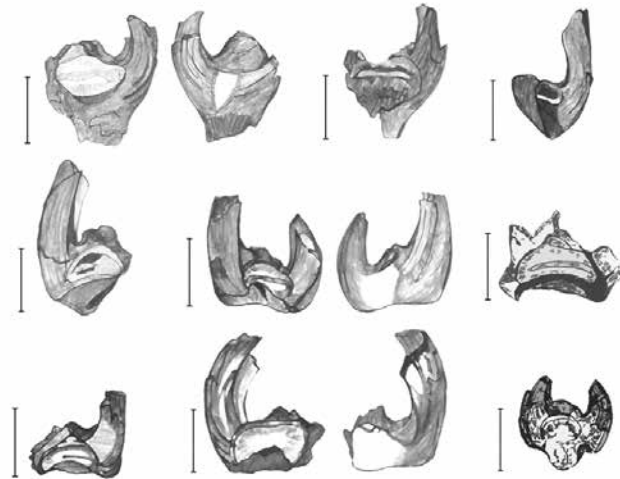
Kenéz Árpád, Pető Ákos, Gyulai Ferenc

Az úgynevezett „új típusú” pelyvás búza (New Glume Wheat – NGW) maradványait (kalásztágok, villák, pelyvaalapok) először Glynis Jones és munkatársai írták le Makri, Makriyalos és Arkadikos neolit, valamint Assiros Toumba bronzkori lelőhelyekről 2000-ben (Észak-Görögország). A 2000-es évek elején még csak annyit lehetett tudni a villamaradványokról, hogy morfológiai tulajdonságaikban mind az alakor, mind pedig a tönke búzafajok jellegzetességeit hordozzák, ugyanakkor a tönkölyvillákhoz nem hasonlítanak. Az alaktani bélyegeken túl azt is megállapították, hogy az „új” pelyvás búzafaj tetraploid lehet. Eredményeik szerint nagy a hasonlóság a régészeti korú maradványok és a modern Timofejev-búza között.

Az új felfedésnek számító cikk megjelenését követően több ország több archaeobotanikusa közölt adatot ezzel a titokzatosnak ítélt búzafajjal kapcsolatban. A legmeggyőzőbb meghatározások köré tartoznak az ausztriai késő bronzkori Stillfried (Marianne Kohler-Schneider), a törökországi Çatalhöyük neolit (Andrew Fairbairn), valamint a lengyelországi kora neolitikumi Miechowice lelőhelyről (Aldona Bienik) származó közlések.

Az NGW kutatás egyik, hazai szempontból kiemelkedően fontos állomása, hogy Amy Bogaard és munkatársai Eceşgöl kora neolit objektumainak anyagából azonosítottak ilyen villamaradványokat. A hazai meghatározások sora később Százhalombatta-Földvár bronzkori (Vatya-kultúra) lelőhelyről származó maradványokkal bővült, ezeket Hans-Peter Stika és Andreas Heiss adta közre. A fentiekén túl Helmut Kroll is utalást tesz a késő neolit Hódmezővásárhely-Gorzsa lelőhely kapcsán ilyen típusú villamaradványokra. Jelen tanulmányunk szempontjából ez a lelőhely különösen figyelemreméltó, hiszen ez is Hódmezővásárhelyen található, amely a Nagyalföld déli részén, Csongrád megye központjában fekszik. A város délnyugati részén (Kopánc határában), a 47. számú főút nyomvonalától mintegy 200 méterre délkeleti irányban homokbánya nyitását megelőző ásatás indult 2009-ben, amelynek során feltártak egy késő rézkori településrészletet. A lelőhely egy Nagysziget elnevezésű széles földhátan fekszik, amely kiemelkedik a környezetéből. A terület árvízről való jó védetősége, a vízi utak potenciálja és a közelben fekvő kiterjedt legelők miatt e terület igen alkalmas lehetett a megtelepedésre. A lelőhelyen túlnyomó részben késő rézkori (Baden-kultúra) telepobjektumokat tártak fel. Ezek elsősorban tárolóvermek, gödörkomplexumok, áldozati gödrök, állat- és emberi temetkezések, árokszakaszok, kutak. A feltárt régészeti jelenségek többsége a domborzat vonalát követi és a magasabb térszíneken található. Az ásatás folyamán a késő rézkorra vonatkozóan a következő objektumtípusok kerültek napvilágra: gödör, árok, cölöphely, kút, kemence, sír, tüzelőhely. Ezek némelyikében olyan kerámiák is voltak, amelyek betöltését leiszapolták, majd a talajmintákat archaeobotanikai vizsgálat alá vették.

A Hódmezővásárhely-Kopánc I. számú lelőhely makro-archaeobotanikai maradványai (közel 4500 db) közül 2093 db köthető gabonákhoz. Ezek 64%-a (1347 db) nagyon kis méretű, elsősorban meghatározhatatlan gabona/ételtöredék. A töredékességük miatt fajszinten nem meghatározható búzavilla-töredékek 352 db maradvánnyal képviseltetik magukat. A pontosabban meghatározható gabonák között domináltak a pelyvás búzák, ezeken belül is az alakor. E faj kapcsán 331 db villa és villatöredék, valamint 13 db szemtermés látott napvilágot. A tönke jelenlétét szemtermések (3 db) és cséplési hulladékok (villák, pelyvaalapok, 20 db) igazolják. A töredékes búzaszemek 10 darabbal képviseltetik magukat, míg az árpamaradványok között a kétsoros csupaszárpa is megtalálható volt (1 db). Nagy valószínűséggel gabonához köthető az egyetlen szármaradvány (*nodus* és *internodium*), és feltételezhetően búzához tartozó csirapajzs-töredéket (*scutellum*) is sikerült detektálnunk. Ezen felül néhány objektumban előfordultak robosztus, U-alakú villák és töredékeik, amelyek az „új típusú” pelyvás búzához tartoztak. Ezek közül 1 db gödörkomplexumból, 1 db kútból, 2 db gödörből, 3 db áldozati gödörből (rituális állattemetkezés), 3 db pedig edényből került elő. Hogy ez utóbbiak elsődlegesen vagy másodlagosan kerültek-e az edény belsejébe, egyelőre nyitott kérdés. Az ezekből a tárgyakból származó talajminták meghatározott egyéb szerves maradványainak további elemzése segíthet e kérdéskör tisztázásában.



77. ábra. A feltételezett NGW villák Hódmezővásárhely-Kopáncs I. lelőhelyről

A lelőhelyről bekerülő talajminták iszapolása a laborban történt. E munkafolyamat során 1 és 0,5 mm-es lyukbőségű szitákból álló sorozatot alkalmaztunk. A nagyobb maradványokat szabad szemmel, míg a kisebb frakciót binokuláris sztereomikroszkóp alatt 15-szörös és 20-szoros nagyítás mellett vizsgáltuk át. A válogatás során elkülönített különböző növényi maradványokat határozó könyvek és összehasonlító gyűjtemény segítségével azonosítottuk.

Ahhoz, hogy a lelőhelyről előkerült búzavillák közül egyértelműen elkülönítsük az „új típusú” pelyvás búzához tartozó maradványokat, morfológiai és morfometriai elemzési módszereket, méréseket alkalmaztunk (77. ábra). Már a feldolgozó munka elkülönítési fázisa során felfigyeltünk a nagy, markáns, szokatlan megjelenésű búzavillákra (78. ábra). Összesen 10 db igencsak rossz megtartású, feltételezhetően az „új típusú” pelyvás búzához köthető villamaradványt sikerült elkülönítenünk. Ezek ugyan méretben és töredékességükben egymástól eltérnek, ugyanakkor mindegyikre jellemzőek az alábbi tulajdonságok:

- Robosztus, erőteljes „szarvak”, amelyek minden esetben határozottan görbültek, így egy záródó U-alakot formálnak.
- Az ép és töredékes „szarvakon” is megfigyelhetők a markáns, párhuzamos erek, amelyek a többi pelyvás búzafaj villájánál csak laterális nézetben látszanak. Esetünkben azonban ventrális és a dorzális oldalon (esetenként itt határozottabban) is kiemelkednek. Előbbi esetben mindig a törési heg határától, míg a másik nézetben a középvonal közeléből indulnak.
- A törési heg nagy, kiterjedt, a villaöböl szélességét kitölti. Arányait tekintve ennél a taxonnál a legnagyobb a villa teljes méretéhez viszonyítva.

A fenti morfológiai bélyegek alapján összehasonlítottuk maradványainkat a korábbi leletek fotóival, rajzaival, valamint morfometriai méréseket is végeztünk a villákon. Eredményeink megerősítik, hogy az általunk talált maradványok is az „új típusú” pelyvás búzához köthetők. A vizsgált maradványok paraméterei tökéletes átfedést mutatnak a diploid alakor és a tetraploid tönke villáinak egyes adataival. A villák bizonyos tulajdonságaik alapján (törési heg szélessége, a villa szélessége) inkább az alakorhoz hasonlítanak, ám a pelyvaalap szélessége szerint inkább a tönkéhez. A 304., az 528. és az 1290_1. számú töredék adatai viszont az „új típusú” pelyvás búzához mért eredményekkel korrelálnak. Az alaktani és morfometriai vizsgálatok során egyértelműen kiderült, hogy a mérési eredmények önmagukban nem elegendők a pontos határozáshoz. A villák morfológiai tulajdonságainak (erezettség, törési heg kiterjedése, villaágak egymással bezárt szöge, a villa alakja stb.) alapos vizsgálata elengedhetetlen az azonosítási folyamat során.

Vizsgálataink alkalmával a lelőhelyről származó talajmintákban több mint 2000 db gabonához köthető maradványból mindössze csak 10 db olyat detektáltunk, amelyek feltételezik az „új típusú” pelyvás búza termesztését az egykori élettér szántóföldjein. A korábbi irodalom arra utal, hogy az „új típusú” pelyvás búza őszi vetésű lehetett, és elképzelhető, hogy az alakorral vegyesen vetették. Esetünkben is az



78. ábra. A Hódmezővásárhely-Kopáncs I. lelőhelyről előkerült késő rézkori, minden bizonnyal „új típusú” pelyvas búzavilla-maradványok

alakor volt a domináns gabonafaj, amelynek esetleg kísérő faja lehetett az „új típusú” pelyvas búza. A lelőhelyről kilenc konkrétan meghatározható gyomfaj került elő. A pontosan meghatározott gyomfajok túlnyomó többségben őszi gabonagyomok (mezei rozsok, puha rozsok, szulákkeserűfű, pipacs), de a zavarást tűrő kozmopolita fehér libatop alapvetően dominált a lelőhely egészét tekintve. A gyomok relatív talajvízigény és talajreakció szerint egy-két kivételtől eltekintve elsősorban félszáraz és félüde, szélsőségektől mentes, gyengén savanyú és bázikus kémhatás közötti termőhelyet indikálnak. A kivételek, ahol a szélsőségek is megjelennek (pl. juhsóska), az egykori táj mozaikosságát, az egykori termőhelyek változatosságát jelzik számunkra. Amennyiben figyelembe vesszük a természetes növénytakaróhoz köthető fajokat (mocsári nőszirm, mocsári csetkák, ágas békabuzogány), egy vízparti, magas vízállású, nedves élőhely is kirajzolódik előttünk.

A fentieket összegezve és ismerve a Dél-Alföld jelenlegi termőhelyi viszonyait, kijelenthetjük, hogy a késő rézkori környezetben a szántóföldi térszínnek közelében előfordultak az ártéri, az erdős sztyepp és a homoki vegetáció mozaikjai. Ez utóbbi kettőre is utalhatnak az árvalányhaj-maradványok. Az „új típusú” pelyvas búza szerepével kapcsolatban annyi bizonyos, hogy a Kaukázusból indult el a többi gabonafélével együtt, és Európába délről, Görögország irányából kerülhetett be. A leletek alapján egyértelműen meghatározhatók azok a lelőhelygócok, amelyek kivétel nélkül alföldi jellegű sík területek. E búzafaj lehetett gyom is, de vethették együtt is a hozzá közel álló fajokkal (maslin). A faji hovatartozása kapcsán a legújabb eredmények a timofejevi búza felé mutatnak (79. ábra).

A fenti összefoglalás a szerzők alábbi cikke alapján készült:

Kenéz Á., Pető Á., Gyulai F. (2013) Evidence of ‘new glume wheat’ from the Late Neolithic (Copper Age) of southeastern Hungary (4th millennium cal B.C.). *Vegetation History and Archaeobotany* 23 (5), 551–566.

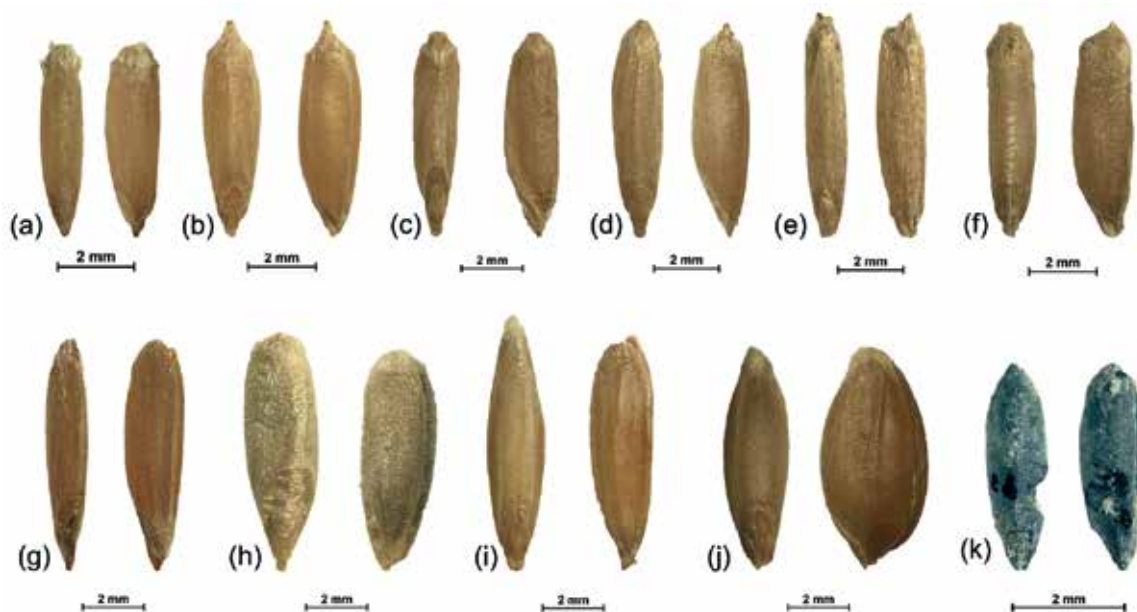


79. ábra. A Timofejev-búza (*Triticum timopheevii*) habitusképe

ŐSHONOS VAGY ADVENTÍV? A PILLÁS HAYNALD-FŰ (*DASYPYRUM VILLOSUM*) ELSŐ RÉGÉSZETI MARADVÁNYAI A KÁRPÁT-MEDENCÉBŐL

Kenéz Árpád

A Nyugat-magyarországi Győr-Ménfőcsanak lelőhelyen egy vaskori településrészletet (Halstatt kultúra, ca. 900/800–450 cal BC), ezen belül több félig földbe mélyített házat tártak fel a régészek. Az egyik épületobjektum belső teréből gyűjtött mintából (feltételezett padlószint) a pillás Haynald-fű szemtermését és villáját (kalászsó tag) sikerült kiemelniük (80. és 81. ábra). Ezt a fajt korábban még nem mutatták ki hazai régészeti lelőhelyekről, ám a neolitikumtól a vaskorig több külföldi lelőhelyről is napvilágra került (korábban más fajként azonosított maradványok újrahatózásának eredményeképpen). A pontos azonosítását nagyban nehezíti a rozshoz vagy a Timofejevi búzához való hasonlatossága. Napjainkban a Haynald-fű hat területen fordul elő Magyarországon. A botanikusok mediterrán származású, veszélyeztetett fajként jegyzik a hazai

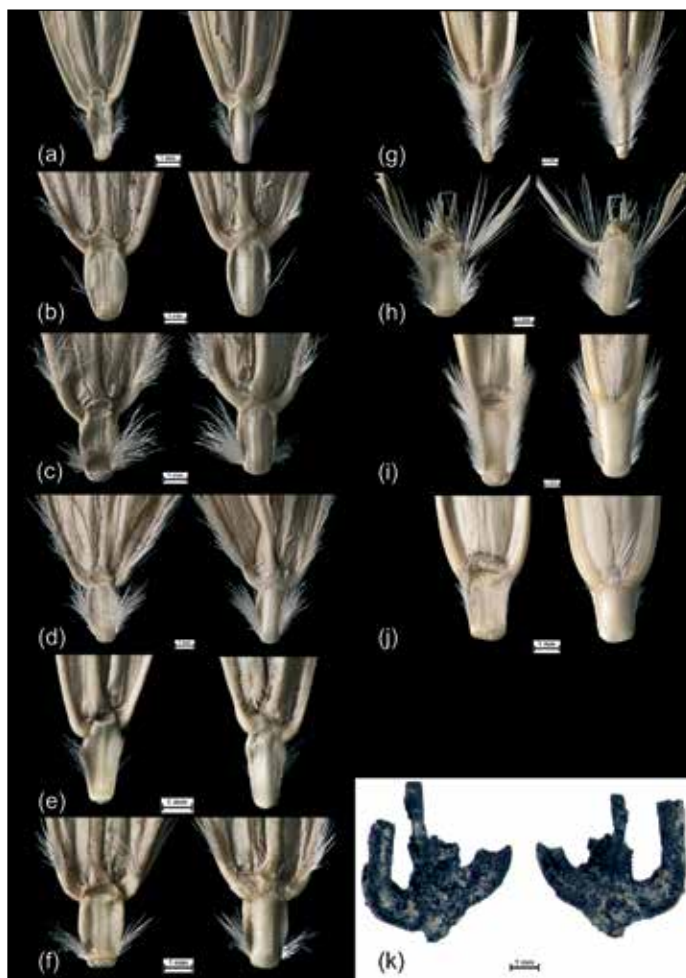


80. ábra. Recens Haynald-fű (*Dasypyrum villosum* [L.] Coss. & Durieu ex P. Candargy) szemtermései (a – Bulgária, b – Franciaország, c – Görögország, d – Olaszország, e – Marokkó, f – Törökország), valamint g – vadroz (Secale sylvestre Host.), h – természetű roz (Secale cereale subsp. cereale), i – vad alakor (*Triticum monococcum* L. subsp. aegilopoides [Link] Thell.), j – természetű alakor (*Triticum monococcum* L. subsp. monococcum), továbbá k – a győri, szénült archaeobotanikai szemterméslelet makroszkópos és mikroszkópi felvételei

flórában, ám a most megtalált vaskori maradványok kapcsán újra kell értékelnünk a növényfaj státuszát.

A házóbjektum padlójának raszteres mintavételéből származó B4, E4 és C5 mező talajanyagai olyan maradványokat tartalmaztak, amelyek már a válogatás során felkeltették figyelmünket. Az E4 minta talajából egy ép, különleges, erősen U-alakú villát emeltünk ki, amelyet azonban eddigi tudásanyagunk alapján egyetlen pelyvás búzafajhoz sem tudtunk kötni. A másik két mintában pedig kisméretű, összeszikkadt búzaszemekhez hasonló csupasz szemterméseket detektáltunk. A hosszas határozómunka során figyeltünk fel egy olyan pázsitfűfajra, amelynek szemtermései nagyban hasonlók a búza és a roz terméséhez is. Ez a fűféle nem más, mint a pillás Haynald-fű.

A fajt röviden bemutatni igen nehéz, hiszen már a tudományos elnevezése kapcsán is bonyodalmak adódtak. A történelem folyamán többen is leírták már eltérő tudományos neveken, mire kiderült, hogy ugyanazon fajról van szó. Ezért találkozhatunk a *Dasypyrum villosum* (L.) Maire név mellett az *Agropyron villosum* (L.) Link, a *Pseudosecale villosum* (L.) Degen, a *Triticum villosum* (L.) M. Bieb. és a Haynald



81. ábra. Recens Haynald-fű (*Dasypyrum villosum* (L.) Coss. & Durieu ex P. Candargy) pelyvaalakok (a – Bulgária, b – Franciaország, c – Görögország, d – Olaszország, e – Marokkó, f – Törökország), valamint g – vadroz (Secale sylvestre Host.), h – termesztett roz (Secale cereale subsp. cereale), i – vad alakok (*Triticum monococcum* L. subsp. aegilopoides [Link] Thell.), j – termesztett alakok (*Triticum monococcum* L. subsp. monococcum), továbbá k – a győri, zenült archaeobotanikai lelet makroszkópi és mikroszkópi felvételei

Lajos tiszteletére adott *Haynaldia villosa* (L.) Schur. nevekkel is. A Természettudományi Közlöny egyik 1800-as évek végén kiadott számában Borbás Vince valamelyest rávilágít a több név kialakulására. Az érthetőség kedvéért a szó szerinti idézetet közöljük itt: „A *Haynaldia* névre tulajdonképpen négy növény tart számot. A legrégebb (1866) *Haynaldia* Schulzer (Schulzer, Kanitz et Knapp, Die bisher bekannten Pflanzen Slavoniens, 37. 1. 1866.) tulajdonképpen penész, a *H. ubrina* Schulz. befőtt paradicsomalmán terem. A *Haynaldia* Schur szintén 1866-ban kelt (Enumeratio plantarum Transsilv. 1866, 807. 1.), de a Schulzer-féle munkát a becsi zoológ.-botan. Gesellsch. ülésén már 1865. évi október 2-ikán előterjesztették, Schur előszava pedig 1866 áprilisban kelt. Hackel (Engler es Prantl, Naturl. Pflanzenfam. I. 79. 1.) a Schur-féle *Haynaldiát* ismerte el, noha régebbi neve a *Pseudosecale* Gren. et Godr. 1855, vagy a *Dasypyrum* Coss. et Durieu. (Explor. Alger. II. p. 202 [1856], tehát Pseudosec. v. Dasyp. Villosum [L.]) Az 1876. év végén a Magy. Növ. Lapok I. évf. 3. lapján harmadik *Haynaldia* Kanitz jelent meg, mely azóta *Euhaynaldia* Borb. 1880 (Földművelési Érdekeink, 1880, 33. sz. 331. 1.) és *Porphyrohaynaldia* Kan. 1891 (A növényrendszer áttekintése, 1891, 88. 1.) nevet kapott. Ez brazíliai vízi növény a *Lobeliaceák* családjában, legújabbban a *Lobelia* L. genusz a) *Euhaynaldia* Borb. szekciója. (Zahlbruckner Sándor, Lobeliaceae Brasilienses, Saertryk af Yidensk. Medd. fra den naturh. Foren. i Kobenhavn. 1895, 69. 1.) Végre a *Haynaldia* Pantocsek 1889 (Beitr. z. Kenntn. d. fossil. Bacillarien Ungarns, II., 1889, 220. 1.) a *Palaeo-Haynaldia* Borb. (Pallas Nagy Lexikonjának növénytan szótára. 1892. 418. 1.” Borbás egyébként Haynaldroz (Secale villosum [L.]) néven említi a növényt. Elterjedésére vonatkozóan csak annyit ír, hogy „az ország déli részén, réten, mezőn gyakori”, valamint „újabbban Pesten az összekötő vasút hídjánál is lelni”. Schermann Szilárd nagy-

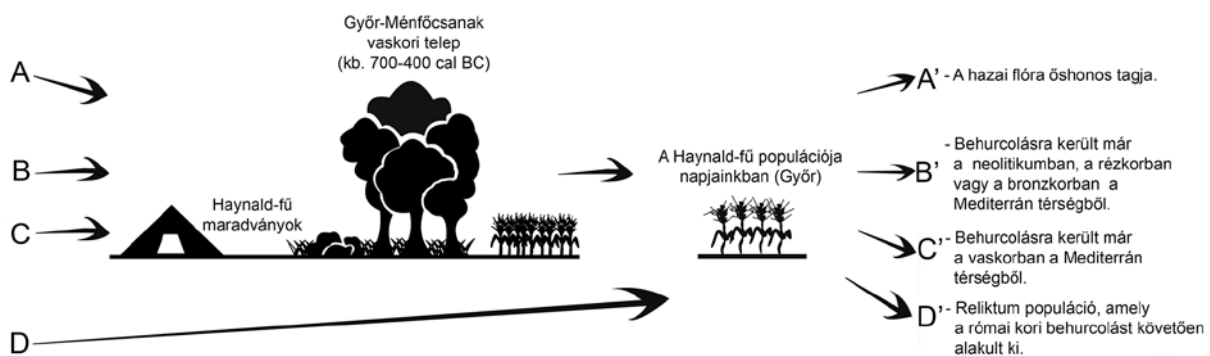
szabású mag- és terméshatározójában leírja, hogy a csupasz szemtermés „apró rozsszemhez hasonlít”. Elterjedését tekintve pedig mediterrán gyomként definiálja, amelyet hazánk területére behurcoltak. Simon Tibor növényhatározójában elterjedésére vonatkozóan a következő adatokkal szolgál: száraz gyomtársulások faja, amely adventív flóraelem. Ezenkívül megemlíti, hogy Magyarországon igen ritka, csak Budapest, Dunakeszi, Gödöllő, Gyöngyös, és Győr (!) környékén fordul elő. Korábbi tudományos latin névként adja meg a *Dasypyrum villosum* (L.) Borb. elnevezést. Az *Új magyar fűvészkönyv* lapjain a faj pillás Haynald-fű néven szerepel, és latin nevénel már a *Dasypyrum* nemzetség került feltüntetésre, ám a *Haynaldia villosa* (L.) Schur és a *Pseudosecale villosa* (L.) Degen mint régi név megtalálható a leírásban. Simon munkájához képest Szeged új lelőhelyként került feltüntetésre. A mediterrán származás itt is olvasható. A faj keleti elterjedési határa a Kaukázus közel-keleti régiója, az északi határt pedig az Ukrajna-Magyarország-Ausztria határvonal jelenti, tehát az ezen a területen elhelyezkedő országokban, néhány kivétellel, megtalálható. Olaszország Latium régiójában két növénytársulást is leírtak, amelyben a *Dasypyrum villosum* domináns társulásalkotó faj: *Laguro-Dasypyretum villosi* és *Vulpio-Dasypyretum villosi*. A faj genetikai sokfélesége (pl. a szemtermések színe, a kalászok hossza és alakja, a szálkahossz stb.) a különböző földrajzi elterjedésből adódó termőhelyi különbségekkel hozható összefüggésbe (ökotípusok).

A *Dasypyrum* nemzetség származásával kapcsolatos vizsgálatok a következőképpen foglalhatók össze: a korábbi kutatási eredmények szerint a *Dasypyrum* nemzetség nagyon közeli filogenetikai kapcsolatban (testvércsoport) állt a *Secale* (rozs) nemzetséggel. A Haynald-fű alaktani vizsgálata azonban nagyon közeli rokonságot mutat az alakorral, de nagy általánosságban minden búzával. A *Triticeae* (búzaféle) törzsének morfológiai vizsgálata a *Dasypyrum* nemzetséget az *Agropyron* (tarackbúza) és a *Triticum* (búza) nemzetségek mellé sorolta.

A fentiek tekintetében tehát az sem meglepő, hogy a Haynald-fű a gabonanemesítés, gabonakutatás fontos faja, ugyanis ellenálló a búzatermésben nagy károkat okozó gombafajokkal (fuzárium, rozsda és lisztharmat) szemben, így a búzákkal (alakor, tönke, kenyérbúza, durumbúza stb.) történő keresztezés, illetve kromoszóma-transzlokáció (pl. Robertson-féle) azokat ellenállóvá teszi e betegségekkel szemben.

Régészeti vonatkozásként pedig megemlíthető, hogy Helmut Kroll archaeobotanikus honlapján több növény maradványainak rajza látható, ám a *Triticum* nemzetség fajai között megtalálhatjuk a szerbiai Čarnok lelőhelyről előkerült, Kroll által *Triticum timopheevii* búzának határozott villát. Ám ha e villa rajzát, a mi villaleletünket, valamint a George Willcox archaeobotanikus honlapján található recens *Dasypyrum villosum* villát összehasonlítjuk, egyértelművé válik a növényi részek hasonlósága (80. és 81. ábra).

Összességében tehát elmondható, hogy sikerült egy olyan, megjelenésében a gabonafélékhez nagyban hasonlító, de gyomfajként definiálható növény maradványát kimutatni hazai régészeti kontextusból, amely mára már veszélyeztetett fajjává vált hazánkban. Státusza továbbra sem tisztázott egyértelműen, de jelen esettanulmányunk utolsó ábráján megpróbáltuk felvázolni a lehetséges megoldásokat (82. ábra). Perdöntő bizonyítékkal nem rendelkezünk egyik „útvonalhoz” sem, de annyi bizonyos, hogy Magyarország területén, a faj egyik jelenlegi élőhelyén, Győr környékén, régészeti ásatás leletanyagából is ismerjük.



82. ábra. Lehetséges útvonalak a Haynald-fű győri populációjának kialakulásához

A fenti összefoglalás a szerzők alábbi cikke alapján készült:

Kenéz Á., Pető Á., Malatinszky Á. (2014) The first archaeobotanical evidence of *Dasypyrum villosum* in Hungary: an archaeophyte weed or a native grass? *Vegetation History and Archaeobotany* 23.(6): 841–849.

EGY RÓMAI VILLA GAZDASÁGTÖRTÉNETE A RÉGÉSZETI NÖVÉNYTANI ADATOK TÜKRÉBEN: CSERDI-HORGAS-DŰLŐ

Kenéz Árpád, Pető Ákos

A Cserdi (Baranya megye) melletti római villagazdaság légi felvételek alapján vált ismertté a kutatók számára. A lelőhelyen azonosított épületeket a kalászos növények negatív jelei rajzolták ki mintegy 1,5 hektár területen. Az ásatás (2012) elsődleges célja a villagazdaság egyes részeinek állapotfelmérése volt. Kisméretű szelvények alapján egyértelművé vált, hogy két különböző időben létező főépület alkotta a villagazdaságot. A fiatalabb főépületben nyitott szelvények közül az „A” jelűben padlófűtés alapozása, egy helyiség járószintjének töredéke, valamint a római rétegek alatt korábbi, leletanyaguk alapján minden bizonnyal őskori objektumok kerültek elő. Az épületben nyitott „D” szelvényben felmenőfal és sértetlen terrazzo padló került elő.

A 2014. évi leletmentő ásatáson a római kori villagazdaság életét megjelenítő régészeti objektumokból kerültek minták feldolgozásra. A mintákat a standard flotálási eljárással tártuk fel. A növényi maradványok, azonosítása során meghatározó könyveket, összehasonlító maggyűjteményt használtunk. A magokról, termésekről készült fotókat mikroszkópra szerelt kamerával készítettük. Az ökológiai kiértékeléshez a Borhidi-féle mutatókat (TB, WB, RB, NB,) és az ökocsoportok (termőhelyi kategóriák) mutatószámait használtuk fel.

A római kori villához (megtelepedéshez) kapcsolható 5 db talajminta összesen 1777 db szenült megtartású mag-, illetve termésmaradványt tartalmazott, amelyeket az alábbi csoportosítás szerint különítettük el: gabonák, hüvelyesek, gyomok, természetes vegetáció fajai, nem besorolható növényi makromaradványok. Összesen 45 különböző növénytaxon (faj, nemzetség) került elő a talajmintákból, amely – figyelembe véve az alacsony mintaszámot és mintamennyiséget – magas értéknek tekinthető.

A mintákban a pontosabban meg nem határozható gabonátöredékek voltak túlsúlyban (1031 db, 58%). A meghatározható gabonafélék (9 faj, 114 db) szemtermései között a közönséges árpa dominál (35 db, 30,7%), amelyet a közönséges búza (30 db, 26,31%), majd a rozs (22 db, 19,29%) követ. A fennmaradó 6 faj részesedése 10% alatti. Ezek csökkenő sorrendben: alakor, törpe búza, abrakzab, olaszmuhar, tönke, tönköly (63. *ábra*). Az alakor, a tönke és a tönköly nemcsak szemterméseikkel képviselték magukat a leletanyagban, hanem villáikkal és pelyvaalapjaikkal is. E maradványok egy mintában sűrűsödtek. Ennek a mintának a jellemzője, hogy nagyon kevés ép gabonaszemet tartalmazott. Ellentétben ezzel, egy másik gödörminta sok ép gabonaszemtermést tartalmazott, de egyáltalán nem volt cséplésre utaló hulladék. E tény továbbgondolásra érdemes, mert ez utalhat a két minta előkerülési helyének funkcióbeli különbségeire is. A cséplési hulladék lényegében szemét (bár kerámia-alapanyag soványítására is használható), a tiszta gabona/hüvelyesmaradványok (kevés gyommal) pedig inkább a raktározásra utalhatnak.

A gabonák mellett a hüvelyes növények maradványai is megjelennek, melyek száma meghaladja a gabonafajokét. A 330 db termesztett hüvelyesmaradvány 77%-a a cicorlencséhez (255 db) köthető. A lóbab 67 db maradvánnyal (20,3%) van jelen a hüvelyesek között, de megtalálható a borsó is (8 db, 2,42%).

A gyomfajok (18 taxon) között szántóföldi és ruderalis területek fajai egyaránt megtalálhatók. Az őszi vetésű gabonafajok gyomja, a konkoly dominál, melyet a fehér libatop követ (16 db). E faj a tavaszi vetésű gabonák és a kapás kultúrák gyomfaja a szántóföldeken, de a nitrogénben gazdag területeken (istállók, udvarok, útszélek stb.), emberek által lakott övezetekben is igen gyakori. A vetési galaj is számottevő a leletanyagban (13 db). Őszi vetésű gabonafajok jellemző gyomnövénye. A többi gyomfaj kisebb arányban jelenik meg, köztük a főként őszi vetésű gabonák gyomfajai a jellemzőek (háromszarvú galaj, cicó), de a bolygatott növénytakasok utaló vagy kapás kultúrákban tenyésző más fajok is jelen vannak (vetési bükköny, apró ujjasmuhar, földi bodza) (84. *ábra*).

A természetes vegetáció egykori képe 8 faj utal. Ezek között a nedves és száraz területek kisebb lágyszárú növényei egyaránt megtalálhatók. Ilyenek pl. a mocsári nőszirm vagy a fásodó szárú közönséges borkóró.

A cserdi villagazdaságból származó növénytani leletek feldolgozása kiemelkedő szereppel bírhat a magyarországi római kori villakutatással kapcsolatban, hiszen ez idáig Balácapusztán és Kékkút 2. számú



83. ábra. Cserdi-Horgas-dűlő lelőhelyről feltárt jellegzetes gabonataxonok maradványai.

1. Abrakzab (*Avena sativa* L.), 2. árpa (*Hordeum vulgare* L.),
3. rozs (*Secale cereale* L.), 4. olasz muhar (*Setaria italica* [L.] P. B.),
5. közönséges búza (*Triticum aestivum* L. subsp. *aestivum*),
6. törpe búza (*Triticum aestivum* L. subsp. *compactum* [Host.] MacKey),
7. tönke (*Triticum turgidum* L. subsp. *dicoccum* [Schrank]), 8. alakor (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*),
9. tönköly (cf. *Triticum aestivum* L. subsp. *spelta*)

épületén kívül nem történt ilyen jellegű elemzőmunka. Erődök és városok (Fenekpuszta, Tác, Aquincum, Sopron-Városház) kapcsán részletes archaeobotanikai feldolgozás ismert, de a villák valamilyen oknál fogva eddig kimaradtak az archaeobotanikai célú feldolgozásokból, pedig a növénytermesztésre vonatkozó legtöbb információt ezek a speciális gazdasági egységek hordozzák.

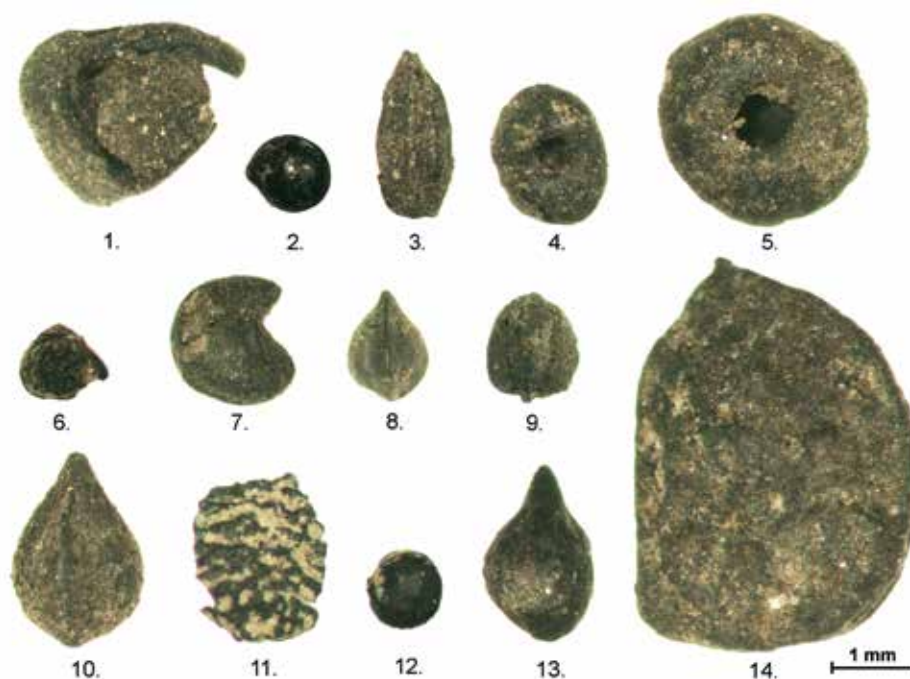
A lelőhelyről kimutatott gabonafajok mindegyike jellemzően ismert és termesztett gabona volt a római kori Pannóniában. Az archaeobotanikai adatok tükrében úgy tűnik, hogy Cserdi egykori villagazdaságában csakúgy, mint más (késő) római kori lelőhelyen a pelyvás búzák már nem kaptak kiemelkedő szerepet. Ezzel szemben a növénytermesztési preferencia a csupasz búzák, a rozs és az árpa javára tolódott el. Több pannóniai lelőhelyen az árpák dominálnak a búzákkal szemben. Cserdi villájának három mintájában is volt árpa, amely kiváló lehet kásák, sűrűleveles és nehezen emészthető kenyerek készítésére is.

A csupaszbúzákból, rozból feltételezhetően lisztet öröltek és különböző tézsfaféléket sütöttek, illetve lisztel, darával sűrít(h)ették ételeiket. A zab szintén nemcsak takarmányként jöhetett számításba, hanem az árpával együtt zabkása, zabpehely formájában is fogyasztották. Az olaszmuhar pedig nagy valószínűséggel kásák alapanyagául szolgálhatott.

A gabonák kapcsán a rómaiak esetében mindig felmerül a helyi termesztés, illetve az importálás kérdésköre. Azonban az bizonyos, hogy a pelyvás gabonák cséplési hulladékai egyértelműen helyi cséplésre, ezáltal közvetetten helyi termesztésre is utalnak. A csupasz búzák esetében nem találni erre utaló nyomokat (kalászorsó, pelyvalevelek), ugyanakkor ez nem zárja ki a helyi termesztést.

A cserdi villából előkerült hüvelyes növények mindegyike jellemző a pannóniai lelőhelyekre. A cicorlencse, a lóbab és a borsó is kedvelt növény volt a római korban egész Európában. A takarmánybüköny esete azért lehet érdekes, mert nemcsak mint a fenti fajok gyomnövénye, hanem mint potenciális termesztett hüvelyes növény is szóba jöhetett.

A gyomfajok alapján két nagy csoport alakítható ki: 1) szántóföldi gyomok vagy más néven közönséges gyomtársulások fajai (őszi és tavaszi vetésű gabonagyomok, illetve kapás kultúrák gyomjai), valamint 2) ruderalis társulások fajai. Az előbbieket feltételezhetően a fent említett őszi vetésű gabonafajok tábláin



84. ábra. Cserdi-Horgas-dűlő lelőhelyről feltárt jellegzetes gyomtaxonok maradványai.

1. Konkoly (*Agrostemma githago* L.), 2. fehér libatop (*Chenopodium album* L.), 3. apró ujjasmuhar (*Digitaria ischaemum* [Schreb.] Mühlenb.), 4. vetési galaj (*Galium spurium* L.), 5. háromszarvú galaj (*Galium tricornerutum* Dandy [syn. *G. tricorne* auct.]) 6. mezei fátyolvirág (*Gypsophila muralis* L.) 7. varjúmák (*Hibiscus trionum* L.) 8. mezei sóska (*Rumex acetosa* L.), 9. juhsóska (*Rumex acetosella* agg.), 10. réti lórom (*Rumex obtusifolius* L.), 11. földi bodza (*Sambucus ebulus* L.), 12. mezei csibehúr (*Spergula arvensis* L.), 13. cicó (*Thymelaeae passerina* [L.] Coss. et Germ.). 14. boglárkafaj (*Ranunculus* sp.)

tenyészték. Ám néhány faj, mint a takarmánybükköny, az apró ujjasmuhar, de a libatop fajok is feltételezhetően a hüvelyesek kultúráiban fordultak elő. A zavart, bolygatott ruderális társulásokra is utalhat néhány faj (főleg a talaj magas tápanyagtartalmát indikáló fajok, mint a libatopok, a földi bodza vagy a réti lórom).

A régészeti növénytan tudománya a növényi leletek ökológiai értékelésével szolgáltat információt a vizsgált lelőhelyek egykori környezetének rekonstrukciójához. Erre a célra az ökcsoport-kategóriák súlyozásának módszerét használtuk, melyek alapján feltételezhetők az alábbi felszínborítások. A fás szárú vegetáció, azaz jelen esetben az erdőszegélyek, erdőirtások, cserjések is megtalálhatók voltak, hiszen a réti/ujjas sás és a földi bodza is utalhat erre. A nedves gyepeken túl a szárazabb, magasabb térszínek gyepeiben élő fajokat is sikerült kimutatnunk: hasznos földitömjén, közönséges borkóró. Jelen voltak az őszi és tavaszi vetésű szántóföldi kultúrák is. Ezeket mind az őszi és tavaszi gabonafajok, a kapások (itt hüvelyesek), valamint az ezekben tenyésző gyomfajok is egyértelműen igazolják. A ruderális (bolygatott, zavart) területek egykori meglétét is bizonyíthatjuk a jellegzetes gyomfajokkal, amelyek magas nitrogénigényük alapján ezt jól indikálják. A szántóföldek átlagos termőhelyi adottságokkal rendelkeztek, tápanyagban nem voltak szegények, de a vízellátottságuk legfeljebb csak üde volt, kémhatásuk pedig a semlegeshez közelíthetett.

A növényi maradványok a lelőhely különböző részeinek funkcióbeli különbségeire (raktározás/feldolgozás) is felhívják a figyelmet, és a későbbi kutatási célok meghatározása mellett utalnak a már meglévő alaprajzi adatok ilyen szempontú újragondolására is.

A lelőhely makro-archaeobotanikai elemzésének eredményei a régészeti adatokkal összevetve ígéretesnek tekinthetők. A pannóniai villagazdaságok viszonylatában ritka vizsgálat az eddig csak apró ásatásokkal, de kiterjedt roncsolásmentes módszerekkel kutatott helyszín történetének és környezettörténetének megismerésében rejlő jövőbeli lehetőségekre hívja fel a figyelmet.

A fenti összefoglalás a szerzők alábbi cikke alapján készült:

Kenéz Á., Szabó M., Pető Á. (2015): Régészeti növénytanai adatok Cserdi-Horgas-dűlőben fekvő római kori villa gazdaságtörténetéhez. *Archeometriai Műhely* XII (3), 205–220.

KESZTHELY-FENÉKPUSZTA BELSŐ ERŐD KÉSŐ RÓMAI LAKOSSÁGÁNAK TÁPLÁLKOZÁSTÖRTÉNETE ÉS AZ ERŐD KÖRNYEZETI REKONSTRUKCIÓJA MAKRO-ARCHAEOBOTANIKAI ADATOK ALAPJÁN

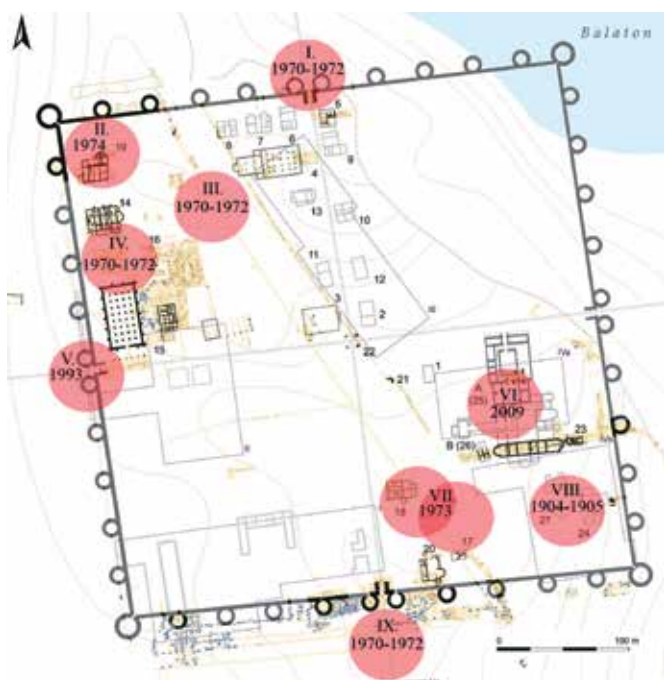
Kenéz Árpád, Gyulai Ferenc

Keszthely-Fenekpuszta késő római kori belső erődje a Pannóniakutatás részeként jelentős szerepet tölt be, ugyanis már több mint 125 éve folynak régészeti feltárások a területen. Az archaeobotanikai kutatások már 1904-ben megkezdődtek. Később, az 1970-es években, az ilyen jellegű vizsgálatok komolyabb fordulatot vettek, és az 1980-as évek elejéig ezzel a lendülettel folytatódtak. Újabb régészeti növényleletek 1993-ban kerültek elő. A kétezres évek elejétől újra fellendült az archaeobotanikai kutatás az erőd feltárásain (65. ábra). A kutatók egykori hipotézisei alapján a vita még mindig folyik azzal kapcsolatban, hogy az erőd lakossága a római birodalom bukását követően tovább élhetett-e, vagy az avar kort megelőzően egy teljesen új népesség költözött az erőd falai közé.

A Keszthely-Fenekpusztán található késő római belső erőd Magyarországon archaeobotanikai szempontból egyedülállónak számít. Ilyen régóta tartó régészeti növénytan felmunkázás idehaza sehol másutt nem történt. A növényi maradványokban rendkívül gazdag leletanyag átfogó, ökológiai jelzőértékekkel történő elemzése újabb adatokkal szolgálhat a környezetrekonstrukcióhoz, és hatásos segítséget jelenthet számos mezőgazdasági tudomány ismeretanyagának bővítéséhez, valamint a régész szakemberek számára is.

A talajminták állványos flotáló berendezéssel kerültek kiiszapolásra. Ezt követően kézi módszerrel, binokuláris sztereomikroszkóp alatt 20-szoros nagyítás mellett maradványtípusok szerint kiválogattuk a határozható méretű növény- és ételmaradványokat. A magvak, termékek meghatározásához a vonatkozó határozókönyveket, illetve egy recens összehasonlító gyűjteményt alkalmaztunk.

Az archaeobotanikában a növénytársulások meghatározása nagyon nehézkes, sőt általában nem lehetséges, hiszen a mintákból akár társulásalkotó karakterfajok is hiányozhatnak, ezért minden egyes előkerült fajt külön-külön értékeltünk ökológiai igényeik szerint. Ennek megfelelően az ún. flóraelem-kategóriák, a Jacomet és munkatársai által Ellenberg munkája alapján megalkotott ökocsoportok (termőhelyi kategóriák) mutatószámai, a Borhidi-féle ökológiai indikátor mutatói (TB, WB, RB, NB) mellett az Á-NÉR (Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer) és GHC (General Habitat Categories / Európai Élőhely-osztályozási Rendszer) élőhelytérképezésben használatos módszereit is integráltuk az archaeobotanikai feldolgozó munkába. A statisztikai kiértékeléshez súlyoztuk az ökocsoportszámokat, az Á-NÉR és GHC kategóriákat.



85. ábra. A botanikai maradványok előkerülési helyei és az ásatási évek Keszthely-Fenekpuszta lelőhelyen. I. északi erődkapu, II. 19. épület, III. kutak és kemencebokok, IV. a horreum és a bazilika közötti terület, V. nyugati erődkapu, VI. a 25. (a régi rendszer szerint A jelű) épület, VII. a 17. épület környéke és a 18. épület, VIII. a 24. és 27. épület (a régi rendszer szerint együtt C jelű épület), IX. a déli erődkapu keleti tornya és a kapu előtti út gabonás betöltése

Keszthely-Fenekpuszta késő római erődjének monografikus feldolgoása során összesen 568 101 db mag/termés/virágzatmaradvány került napvilágra, amelyek mesterséges csoportok szerint megoszlását az alábbi táblázat mutatja be (8. táblázat).

8. táblázat. Az erőd területéről származó késő római kori növénymaradványok megoszlása

Maradványcsoportok	db	taxonszám	%
Gabonafélék	563 415	13	99,06111
Hüvelyes-, rost- és olajnövények	345	8	0,060659
Zöldség- és fűszernövények	3	2	0,000527
Gyümölcsök	18	4	0,003165
Szőlő	38	1	0,006681
Szántóföldi és ruderalis gyomok	2 537	71	0,446062
Természetes vegetáció fajai	1 069	67	0,187954
Ételmaradványok	576	-	0,101274
Nem besorolható növénymaradványok	100	-	0,017582
Egyéb, nem növényi maradványok	654	-	0,114988
Összesen:	568 755	166	100

A lelőhelyről előkerült teljes késő római leletanyagot figyelembe véve a növényi maradványok több mint 99%-a gabona volt. A gabonafajok megoszlása a leletanyagban a következő: gabonatorodék (350 958 db), árpa (146 045 db), vetési búza (29 702 db), rozs (17 889 db), abrakzab (10 508 db), alakor (2596 db), tönke (1849 db), köles (994 db), tönköly (625 db), törpe búza (125 db). Az árpák esetében a leletanyagban alapvetően két- és többsoros alfajokról lehet beszélni, de mindkét alfaj csupasz változata (var. *nudum*) is megtalálható: csupasz árpa (81 086 db), többsoros csupasz árpa (42 796 db), kétsoros csupasz árpa (15 486 db), többsoros árpa (3482 db), árpa (3172 db), kétsoros árpa (23 db). Megvizsgálva több római, illetve késő római lelőhely anyagát kijelenthetjük, hogy az árpa fontos szerepet játszott a búzák mellett a római korban is, és nemcsak takarmányként tekinthetünk rá, hanem a lakosság táplálását is szolgálta. A vetési búza jelentősége a történeti időszakok előrehaladtával egyre növekedett a régebbi, archaikus pelyvás búzafajokkal (alakor, tönke) szemben. Az egyszerűbb feldolgozás mellett fontos tényező volt a vetési búza térhódításában a pelyvás búzafajokhoz viszonyított lényegesen nagyobb terméshozama. A vetési búzát nemcsak szemtermések, hanem kalászorsó-törödékek is képviselték a fenékpusztai leletanyagban. Az előkerült szemek alaktani különbözőségei arra engednek következtetni, hogy a vetési búzán belül valamiféle szelektációs hatás vagy termőhelyi sajátosságokhoz történő alkalmazkodás (ökotípus vagy fajta) volt jelen. A rozs a búzafajoknál igénytelenebb, jobban tűri az időjárási viszontagságokat. A késő római korra feltehetően az árpa és vetési búza mellett az egyik fő gabona lehetett. A rozst a leletanyagban három különböző maradvány képviselte: pelyvalevél-törödékek (1 db), apró, hosszúkás szemtermés (559 db) és normál méretű szemtermések (17 329 db), tehát a vetési búzához hasonlóan a rozsnál is megfigyelhetők voltak morfológiai különbözőségek.

Az abrakzab kapcsán korábban az a vélekedés alakult ki a kutatók körében, hogy e növényfaj igazolja azt, hogy Fenékpusztán lovas hadsereg állomásozott. E ténynek ellentmondani látszik a brit-római lelőhelyek (civil és katonai) latrináinak anyagából történt fekáliavizsgálat, amely azt is kimutatta, hogy a lakosság nagy valószínűséggel zabkása formájában (amelyben a szemeket megroppantották) fogyasztotta. Tehát a zab Fenékpusztán a csupasz árpák, a búzák és a rozs mellé sorolandó mint potenciális élelmiszernövény.

Az alakor és a tönke elsősorban a római kor előtti történeti időszakokra volt jellemző, így meglétük akár egy régebbi kultúra fennmaradását és jelenlétét is bizonyíthatja. E pelyvás búzafajok (és a tönköly is) hiába ellenállóbbak a betegségekkel szemben és igénytelenebbek a termőhelyi adottságokkal kapcsolatban, kisebb hozammal bírtak, mint a csupasz búzák. A gabonatermesztés szerkezete a római kori megnövekedett igények miatt eltolódott a vetési búza, törpe búza javára. Ezt a fenékpusztai leletanyag is alátámasztja,

hiszen a vetési búza és törpe búza leletek összesen 29 827 db maradvánnyal képviseltetik magukat, míg az alakor és tönke együttes mennyisége mindössze 4445 db. A két faj egykori jelenlétéről a régészeti lelőhelyeken (így Fenékpusztán is) nemcsak szemterméseik árulkodnak, hanem az úgynevezett villák is, amelyek tulajdonképpen kalászsorsótagok és pelyvalevelalapotok, amelyek a cséplést és a pelyvátlanítást követően maradnak vissza. Ez közvetetten arra is utalhat, hogy a gabona helyi termesztésű volt-e vagy sem.

A köles előnye, hogy rövid tenyészidejű, így a nyári másodvetése is beérik, valamint alig igényel talajelőkészítést és gondozást. E két utóbbi tulajdonsága miatt a nomadizáló népek előszeretettel termesztették. A római korra csökkent a jelentősége, csakúgy, mint a pelyvás búzának, de ettől függetlenül sok római kori hazai és külföldi lelőhelyen megtalálták. A köles nemcsak a lovas nomád népek számára volt hasznos, hanem a nagy létszámú gyalogos és lovas seregek ellátására is. Ezt mi sem bizonyítja jobban, mint hogy több ételmaradványban egész kölesszemeket észleltünk.

A szintén a pelyvás búzák közé tartozó tönköly is szerepel a leletanyagban. Fenékpusztán esetében helyzete hasonlóan alakult a korábban már említett alakoréhoz és tönkééhez, tehát csökkent a jelentősége. Szintén találhatunk villákat, pelyvaleveleket és pelyvaalapokat (cséplési hulladékok). A törpe búza már *aestivum* típusú csupasz búza. Szemtermései nagyban eltérnek a kenyérbúzáétól, hiszen sarkosan összenyomottak. A fenékpusztai gabonaleletek között ez a legkisebb arányban szereplő faj.

A lelőhelyről összesen 6 hüvelyes és 2 olajnövényfaj került elő. Az előbbieket a kis- és nagymagvú lencse (330, illetve 6 db), a veteményborsó (1 db), a takarmányborsó (1 db), a cicorlencse (2 db) és a kismagvú lóbab (2 db) képviseli, míg az utóbbiakat a fekete mustár (1 db) és a mák (1 db). A változatos faji összetételű és nagyszámú konyhakerti növény magas szintű kertészeti kultúra hagyatéka. Érdekességképpen megemlíthető, hogy a cicorlencse és a kismagvú lencse a római kor előtti régészeti korok növénytermesztési rendszereinek jellemző fajai.

Apicius szakácskönyve (V. könyv) részletesen taglalja a hüvelyes fajok használatát. A lencsét és a borsót az árpakása egyik változatának elkészítése során használatos alapanyagként sorolja fel, ezzel mintegy alátámasztva az árpa kimagasló szerepét. A kásák mellett a hüvelyesekből (csicseriborsó, borsó, lencse, lóbab stb.) készített úgynevezett sűrű levesek és egyéb főtt/sült zöldséges fogások (pl. rakott borsó, felborított borsó) is kedvelt ételek voltak a rómaiak körében.

A zöldség- és fűszernövények kategóriájába 4 fajt sorolhatunk: sárgarépa (1 db), a borsikafű (2 db), valamint a fenti kategóriában is említett fekete mustár és mák. Apicius szakácskönyve szerint a borsikafű és a mustár a római konyha leggyakrabban használt alapanyagai voltak. Ugyan a korabeli receptekben a mustárt a fehér mustár jelenti, de mindkét faj egyformán jól használható mustárkészítésre.

Az előkerült termesztett gyümölcsfajok két csoportra oszthatók. Az egyik az importból, a másik a helyi termesztésből származó gyümölcsök kategóriája. Az előbbihez az olivát (7 db), feltételezhetően a fügét (1 db), míg az utóbbihoz a közönséges diót (7 db) és az őszibarackot (3 db) köthetjük. Az import füge aszalványként tartósított édességként kerülhetett hazánk területére, az olivabogyó pedig talán ecetben tartósítva, hordókban érkezett Pannonia provinciába. Apicius mindkét fajt említi több helyen szakácskönyvében (pl. szárított fügével hizlalt sertés és liba, valamint fűszeres káposzta olivabogyóval, töltött szárnyasok aprított olivabogyóval stb.). Egyes vélekedések szerint a limes menti erődök főszerepet játszhattak az őszibarack pannóniai szétterjedésében. A diót már pollenvizsgálatok eredményei is kimutatták a vizsgált területen a rómaiak jelenléte idején, sőt a kutatások szerint a diópollenek (a szőlőével együtt) ebben az időszakban dúsulnak fel.

Érdekes leletnek számít Fenékpusztán a kávé, amely szintén kereskedelmi kapcsolatokra utal. A szenült kávészemeket még Füzes Miklós találta, és kért szakmai konzultációt Surányi Dezsőtől. Sajnos e kávészemek nem maradtak fenn az utókor számára. Hasonló a helyzet a házi berkenyével is, amelynek leleteiről csak Füzes cikke alapján tudunk.

Annak ellenére, hogy Pannoniában kiterjedt szőlőtermesztés volt, Fenékpusztán az 568 101 db növényi eredetű maradványból mindössze 38 szőlőmag került elő, a Füzes Miklós által talált fenékpusztai kocsány- és venyigeleletek azonban egyértelműsítik, hogy zajlott szőlőtermesztés az erőd környékén. Számítógépes morfológiai vizsgálatokat is végeztünk ezeken a magon. Az indexek alapján több fajta jöhetett szóba: Apró fehér, Fehér izsáki, Furmint, Kövidinka, Piros tramini, Ezerjő, Fehér lisztes, Juhfark, Kékfrankos, Ortliebi, Sárgamuskotály. Ezek közül a régóta termesztésben lévő fajták magjait morfológiai vizsgálatoknak is alávetettük. Az eredmények tükrében kijelenthető, hogy a késő római korban Keszthely-Fenékpusztán

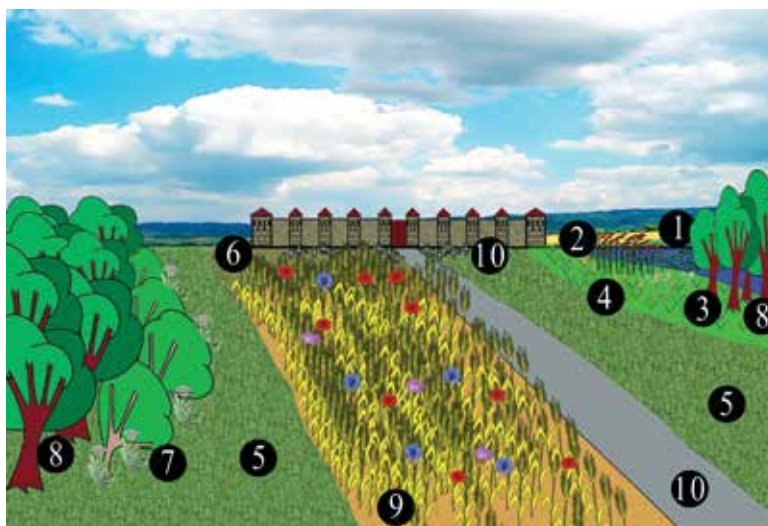
erődjében egykor használatos szőlők között volt olyan, amelyik egyik régi magyar szőlőfajtaival sem azonosítható egyértelműen, így elképzelhető, hogy importból származott.

Mind a szántóföldi, mind a ruderális gyomok (összesen 71 különböző taxon) segíthetnek az egykori növénytermesztési, illetve bizonyos kulturális szokások feltárásában. A különböző ökológiai mutatók segítségével megtudhatjuk, hogy egykoron milyen termőhelyi viszonyok uralkodtak a szántóföldeken, illetve az emberek és gyakran az állatok által (legelés/legeltetés miatt) nagymértékben befolyásolt és zavart területeken (86. ábra).

A leletanyagban megtalálható növényfajok ökológiai tulajdonságain alapuló ökocsoport-, GHC- és Á-NÉR kategóriák segítségével az egykori vegetációtípusokra is következtethetünk, amelyeket az alábbi virtuális rekonstrukcióval szemléltetünk.

A faszénmaradványokat a friss törési felületen megfigyelhető mintázat alapján kivétel nélkül a kocsányos tölgyhöz tartozónak ítéltük. A kocsányos tölgy a tölgy-kőris-szil ligeterdők egyik jellegzetes állományalkotó faja, ennek megfelelően a kocsánytalan tölgyel ellentétben jóval vízigényesebb. A sok molyhostölgy-makktöredék alapján azt feltételezzük, hogy a tölgymakkok magjait leőrölték, és kávékat készítettek belőle, hasonlóan, mint az a mediterrán területeken szokás volt az ott honos magyaltölgy felhasználásával (86. ábra).

A füge valószínűleg, az olíva és a kávé pedig bizonyosan egyértelműsítik, hogy Keszthely-Fenekpuszta és a mediterrán provinciák között kereskedelmi kapcsolat létezett. Füzes Miklós véleménye szerint az abszolút perdöntő bizonyíték a gabonafajok import mivoltára a légyfogó termésének maradványa, hiszen e növény éppen a római korban került behurcolásra hazánkba, de a rómaiak által elfoglalt más területekre is. A gabona esetében nem megnyugtatók az adatok, ugyanis a légyfogó jelenléte a botanikai anyagban nem jelentheti azt, hogy a megtalált termés egésze import lenne. Lehetséges azonban, hogy a gabona egy része (vagy a vetőmag) valóban más, mediterrán provinciából került Pannóniába. A megtalált cséplési hulladékok, mint a villák, pelyvaalapok, kalászorsó tagtöredékek, valamint a gabonapollenek feldúsulása is mind erre utalnak.



86. ábra. Az erőd feltételezett késő római környezete. 1. Alámerült vízinvény-társulás, 2. nádas, magas sásos, vízparti növényzet, 3. mocsárrét, láprét (akár égerláp is), 4. üde és nedves gyepek (a rajzon az egyszerűség kedvéért ugyan a déli oldalon vannak jelölve, de valószínűsíthetően nem itt lehettek), 5. átlagos termőhelyű rét/legelő/gyep, 6. száraz rétet (főként talán az erőd déli oldalán, a földnyelv szárazabb részein), 7. erdőszélek társulásai, cserjések, 8. erdők (a szárazabb, magasabb helyeken pl. gyertyános kocsánytalan tölgyesek) és ligeterdők (a mélyebb partközeli részeken puha- és keményfás ligeterdők egyaránt), 9. szántóföldek, 10. ruderális területek (utak- és csapások környéke, valamint pl. a déli erődkapu előtti temető)

A fenti összefoglalás a szerzők alábbi cikkei alapján készült:

Gyulai F., Kenéz Á., Pető Á. (2013): Archaeobotanical analysis of crop and food remains from the excavation in 2009 at the Late Roman fortification of Keszthely-Fenekpuszta. In: Heinrich-Tamáska O. (ed.) *Keszthely-Fenekpuszta: Katalog der Befunde und Ausgewählter Funde sowie neue Forschungsergebnisse*. Castellum Pannonicum Pelsonense Vol. 3. Verlag Marie Leindorf GmbH, Budapest–Leipzig–Keszthely–Rahden/Westf., 2013, 635–646.

Gyulai F., Kenéz Á., Pető Á. (2014): Getreideökotypen oder Landsorten als archäobotanische Beweise für die prähistorische Sortennutzung. In: Heinrich-Tamáska O., Straub P. (Hrsg.) *Mensch, Siedlung und Landschaft im Wechsel der Jahrtausende am Balaton*. Castellum Pannonicum Pelsonense Vol. 4. Verlag Marie Leindorf GmbH, Budapest–Leipzig–Keszthely–Rahden/Westf., 2014, 429–435.

Kenéz Á. (2014) *Keszthely-Fenekpuszta római kori régészeti-növénytan leleteinek feldolgozása, különös tekintettel az egykori környezeti állapot jellemzésére*. Doktori értekezés. Szent István Egyetem Gödöllő, Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő.

A KÖZÉPKORI VÁC GAZDASÁGTÖRTÉNETE A PIAC UTCAI ÁSATÁS INTEGRÁLT ARCHAEBOTANIKAI FELDOLGOZÁSA ALAPJÁN

Kenéz Árpád, Pető Ákos

Vác-Piac utca lelőhely archaeobotanikai anyaga a Dunakanyarban elhelyezkedő város 13. és 19. század közötti népességének növényhasznosítási szokásairól árulkodik. Ezeket a századokat Európa történelmében a mezőgazdasági termelést fokozottan sújtó ún. kis jégkorszak (LIA = Little Ice Age) klímaromlásos időszaka jellemzi. A 8. századtól a 13. század derekáig tartó középkori éghajlati optimum (MWP = Medieval Climate Optimum) környezeti és élelemtermelési szempontból ideális korszakát egy globális méretekből is kimutatható éghajlatváltozással járó időszak követte.

A Kárpát-medencét – többek között geográfiai helyzeténél fogva – kevésbé érintették az éghajlati hatások. Nyomon követhetők ugyan változások, amelyek az évszakok hőmérsékleti és csapadékeloszlási viszonyaiban érhetők tetten, ezek mégsem eredményezték a Kárpát-medencei növénytermesztés hanyatlását. A kialakuló növénytermesztési rendszerek még az árutermelő mezőgazdaság alapjainak megvetésére is alkalmat adtak, ami elsődlegesen a hústermelésre, illetve a bor-, és ehhez kapcsolódóan a szőlőtermelésre volt kedvező hatással.

Az írott források alapján kirajzolódó középkori növényfelhasználási viszonyok hűen tükrözik a középkori Vác környezeti adottságait, illetve annak kereskedelemben betöltött szerepét. A város körüli területek arra alkalmas részein kétnyomásos szántóföldi művelést végeztek, amely a gabonatermesztés színtere volt. A dombvidéki, hegylábi és ártéri erdőkben ehető és egyéb célokra felhasználható növények terméseit is gyűjtögették, hasznosították, míg az erdőktől irtással elhódított területeken szőlőt és gyümölcsöt telepítettek (87. ábra). Vác egyik legfontosabb növényi eredetű kereskedelmi és fogyasztási cikke a szőlő, illetve a szőlőtermesztésre alapozottan a bor volt. Az ártéri erdők és az időszakosan többletvízhatás alatt álló rétek nemcsak a legeltetés lehetőségét teremtették meg, hanem a várost körülölelő kertgazdálkodás színterei is voltak. A környezeti adottságok mellett legalább ennyire fontos az a tény, hogy Vác – mind a Duna, mind az Alföld közelsége miatt – kiemelt kereskedelmi és piaci szerepet töltött be Buda és Pest mellett. A középkori Vác növényhasznosítási szokásaiban a törökök betelepülésével a gabonatermesztés ugyan nem esett vissza, de a termesztett gabonafélék fajszáma lecsökkent; ugyanakkor fejlődésnek indult a kertgazdálkodás, illetve a szőlőtermesztés.

Integrált archaeobotanikai vizsgálatunk célja az volt, hogy az egyesített régészeti növénytani leletanyag értelmezésével adatokat szolgáltatassunk a (késő) középkori Vác gazdaságtörténetéhez és közvetetten a kis jégkorszak Kárpát-medencei növénytermesztési viszonyaihoz. A lelőhelyen előkerült, onnan feltárt makro- és mikro-archaeobotanikai adatokat együtt, komplexen értékeltük, amin keresztül reményeink szerint



87. ábra. Ludwig Rohbock (1824–1893) acélmetszete hűen visszaadja Vác környezetének változatos természeti környezetét, illetve a növénytermesztés és növényhasznosítás lehetséges helyszíneit. A metszeten láthatók a Dunát kísérő ártéri ligeterdők foltjai, a nedves, vízjárta rétek, a magasabb térszínek szántóföldjei, gyümölcsösök, illetve a hegyvidék erdői is



88. ábra. Vác-Piac utca lelőhelyen előkerült kapásnövények maradványai, amelyek a háztáji kertkultúra jelenlétéről árulkodnak a középkori településen. 1. Görögdinnye (*Citrullus lanatus* L.), 2. sárgadinnye (*Cucumis melo* L.), 3. lencse (*Lens culinaris* Medik.), 4. borsó (*Pisum sativum* L.), 5. mák (*Papaver somniferum* L.). Lépték = 2 mm (Kenéz et al. 2016 nyomán módosítva)

mélyebb betekintést nyerhetünk a település lakóinak növényeket érintő tájhasználati és növényhasznosítási szokásaiba, illetve azokba a kereskedelmi kapcsolatokba, amelyek eredményeképpen mind közeli, mind távoli tájakról származó gyümölcsök, zöldségek kerültek a késő középkori váci polgár asztalára.

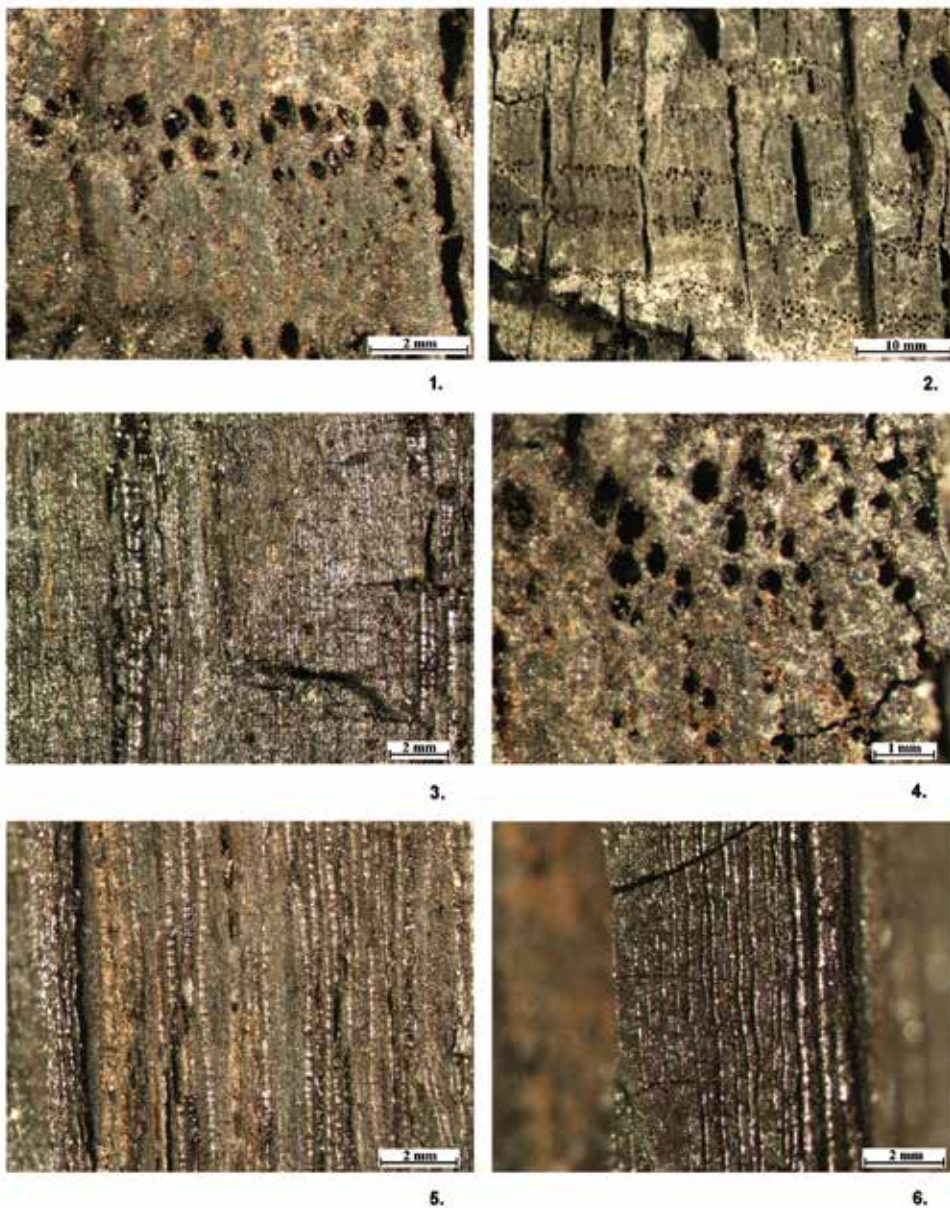
A gabonatermesztés vonatkozásában a hazai középkori ásatások archaeobotanikai leletanyagában a gabonák monotonitása tűnik ki, amely mind a fajszortimentben, mind a mennyiségi összetételben megmutatkozik. Ez feltehetően a megszilárduló feudális rend, sőt még inkább a 12–13. században lezajlott agrárforradalom nyomán kialakuló egységes növénytermesztési technológiák kialakulásával hozható összefüggésbe. A középkori technológiai vívmányok hatására kialakuló növénytermesztési rendszerekben a szántóföldi növénytermesztés megfért a gyümölcs- és szőlőkultúrákkal, valamint a háztáji kertgazdálkodással. Mindez tetten érhető a Piac utcai leletanyagban is. Míg az archaeobotanikai leletek alapján a vizsgált időszak legfontosabb kenyérgabonái a búza- és árpfajok voltak, kásanövényként a köles termesztése is fennmaradt. A település közvetlen környezetében kétnyomásos gazdálkodást folytattak az igával, ökörrrel rendelkező gazdák. Míg az egyik szántóterületet ugaron hagyták – ennek neve *campus* volt –, addig a másik három szántást kapott. Búzát és az ún. kétszerest (*cerealiam promiscum*) vetették, amely a búza és a rozs egy parcellába történő vetésének eredményeképpen aratható.

A földrajzi helyzetéből adódó sajátosságok nem predesztinálhatták a települést arra, hogy gabonatermesztésre és egyre intenzívebb szántóföldi növénytermesztésre rendezkedjen be. Ezt a település közvetlen környezetének domborzati és ökológiai viszonyai magyarázzák. Minden adat arra utal, hogy a Vác környéki szántók terméshozama nem látta el a lakosságot elegendő gabonával. Piaci központ jellegéből adódóan ugyanakkor ez a hiány kiegészíthető, pótolható volt. E kettősség miatt nem lehet pontosan elkülöníteni a helyben termelt növényektől származó maradványokat a kereskedelem útján bekerült maradványoktól.

A kapás konyhakerti növények leleteinek kis mennyisége csak érintőleges bizonyítéka a vizsgált váci telkeken is minden valószínűség szerint jelenlévő háztáji, kapás kultúráknak. A történeti források és korábbi archaeobotanikai vizsgálatok alapján tudjuk, hogy a török hódoltság egyik „hozománya” a kertkultúra lendületes fejlődése volt, s ennek ikonikus növénye a görögdinnye (88. ábra). A török földesúri adók közül a musttized, a káposztatized, valamint a legelő haszna nemcsak a váci lakosság sokszínű mezőgazdasági termelésére utal, hanem arra is, hogy a kertek gazdálkodásának kiemelt szerepe lehetett a korabeli mező-

gazdasági viszonyok között. A török adóösszeírás során megkülönböztették az ún. bosztánt a bágcsétól. Az előbbiek az ún. mezei kertek voltak, amelyek a folyót kísérő, jó vízellátottságú területeken helyezkedtek el, illetve a város külső peremén alkottak kiterjedt kertgyűrűt. Ezeknek a kerteknek a fő növényei a káposzta és a görögdinnye voltak.

A Kárpát-medence (késő) középkorában a gyümölcsstermesztés erőteljes fejlődésnek indult, ami a hasznosított fajok diverzifikálódásában is megnyilvánult. A folyamatban kiemelkedő szerepet játszott a kereszténység térhódítása és a szerzetesrendek kertkultúra fejlődésére gyakorolt jótékony hatása is. A nemcsak Európa nyugati felében, hanem hazánkban is jelentkező folyamat mellett az ún. jobbágyi gyümölcsöskertek megalakulása is előmozdította a Kárpát-medence kertkultúráját. A termesztett gyümölcsök frissen történő fogyasztása a megnövekedett igények miatt a 15. századra bizonyíthatóan kiegészült a gyűjtögetett és aszalt gyümölcsök értékesítésével. A korszak növénytermesztési rendszerében a gyümölcsös kiemelt szerepet kapott. Az ún. *pomarium* jellemzően a lakóhely közelében helyezkedett el, míg a szőlő a szőlőhegyre került. A török hódoltsággal a szőlőterületek bővítését a Vác környéki erdők irtásával valósították meg. A



89. ábra. Mikroszkópos felvételek a Vác-Piac utca lelőhelyen feltárt és meghatározott fa- és faszénmaradványok egyes darabjairól. 1–2) kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* Lieblein.) maradványának keresztmetszeti képe, amelyen jól kivehetők a gyűrűs likacsú fák szöveti jellegzetességei, 4) kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* Lieblein.) fagerenda keresztmetszeti, 3) és 5) húrmetszeti és 6) hosszmetzeti képe

lakókörzetben elhelyezkedő, egymástól funkciójukban elválo térrészek nagy általánosságban a következő mintázatot követték: lakóépület környékén helyezkedett el a telken a konyhakert, amely a kapásoknak és a fűszerkerti növények termesztésének adott helyet. Az említett *pomarium* szolgált a gyümölcsstermesztés helyszínéül, az ún. *promontorium*, azaz szőlőhegy pedig a bortermelés alapjául szolgáló szőlőtőkét foglalta magában. A telektől legtávolabb a gabonátlák terültek el. Természetesen az egyes megkülönböztetett funkcióval bíró térrészek növényfajai mutathattak keveredést, így például a szőlőskertekbe beültethették a különböző gyümölcsfajokat is. A Vácott előkerült sok gyümölcsfaj változatos felhasználást feltételez. E fajok termései egytől egyig húsosak, lédúsak, vitaminokban gazdagok, így nyers és szárított (aszalvány) fogyasztásra, befőttek, szörpök, lekvárok, erjesztett italok készítéséhez is egyaránt alkalmasak, de előkerültek ételek, italok elkészítésére, színezésére alkalmas termékek is.

A szőlőstermesztés a gyümölcsstermesztéssel párhuzamosan, valamint a kereszténység térhódításával rohamos fejlődésnek indult a középkori Európában, és kis késéssel ugyan, de áttért a Kárpát-medencére is. A szőlő- és gabonatermesztés beemelése a korszerű táplálkozásba a kereszténység sikerét bizonyítja, amely ezt a két növényt vallási jelképpé emelte. Ennek értelmében a búzából készített kenyeret Krisztus testeként, a szőlőből készített bort Krisztus véreként értelmezi a vallás.

A korábban már említett középkori éghajlati optimum időszakának beköszönte kitágította a szőlőstermesztés areáját. A szennyezett ivóvízzel szemben előnyben részesített borfogyasztás, a bor magas kereskedelmi értéke, valamint a bor iránt megnőtt kereslet egyaránt katalizátorként hatott a szőlőkultúra fejlődésére, a fajtasortiment bővítésére, a török megszállás pedig fellendítette és kiterjesztette a csemege-szőlő termesztésének kultúráját. Eredményeink legalább két faj (*Vitis sylvestris* C.C. Gmel. és *Vitis vinifera* L.) és legalább két fajta (v.ö.: Góhér és Bakator) maradványainak egykori fogyasztását és/vagy termesztését igazolták. A leletanyagban megtalált, feltételezhetően ligeti szőlő endospermiumok arra utalnak, hogy a késő középkori lakosság a közelben élő szőlőfajt gyűjtögette és felhasználta csemege- vagy borszőlőként. A jelenleg védett ligeti szőlő északi elterjedése a váci Naszály-hegy vonaláig tart.

Ahogy azt korábban kiemeltük, a szőlő, illetve a szőlőből készített fogyasztási cikkek – a bor és a mazsola – Vác gazdálkodástörténetében kiemelt szereppel bírnak. Feltehetően ennek egyik oka az a természetföldrajzi környezet, amely körülvette a települést, a másik pedig a bor értékesíthetőségében rejlő gazdasági haszon.

A lelőhely 12–13. századra keltezett objektumainak faszénanyaga tölgyfajokra (*Quercus* spp.) korlátozódik (89. ábra). A tűzrakóhelyek anyagából kinyert faszénemcsék a város környezetében rendelkezésre álló erdőtársulások – különösen a Dunát szegélyező ligeterdők – faszortimentjéből származhatnak, amely társulásban a tölgyek kínálták a legmagasabb kalorikus értékeket. A 16. századra keltezhető objektumok elsősorban kocsányos tölgyből (*Quercus robur* L.) származó maradványokat szolgáltattak. Ennek a faanyagának a kitermelési helye nem a hegységek magasabb régióiban volt.

Európa-szerte, így valószínűleg hazánkban is, a késő középkorban fahiány jelentkezett. Mivel a fa volt az egyetlen érdemi energiahordozó, és a fémipar is nagy mennyiségben fogyasztotta a faszénét, az erdők területe véstesen csökkenni kezdett.

Egy 17. század végére keltezett kút esetében a dendrokronológiai elemzés kimutatta, hogy a felhasznált tölgyfákat 1677 után vágta ki a térségben. A kút anyagából három kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.) deszka került elő, illetve egy vörösfenyőből készült (*Larix decidua* Mill.) deszkafal került meghatározásra. Az objektum építésekor egy olyan erdőrész fát használhatták fel az építők, amely korábban tartósan, több generáción keresztül bolygatatlanul élhette az életét. Ez eredhet olyan földrajzi elhelyezkedésből, amelynek révén az adott történelmi pillanat emberei a helyet „élérhetetlenek” nyilvánították, és ezért hagyták békében, de eredhet szándékos erdőgazdálkodásból is.

A fenti összefoglalás a szerzők alábbi cikkei alapján készült:

Kenéz Á., Pető Á., Grynaeus A. (2016) A Vác-Piac utca késő középkori régészeti lelőhely integrált archaeobotanikai értékelése. In: Mészáros O. (szerk.) *Régészeti kutatás a középkori Vác német városrészében. A Piac utcai mélygarázs területének megelőző feltárása*. Opitz Archaeologica 7., Martin Opitz Kiadó, Budapest, 467

Kenéz Á., Pető Á. (2013) Miről mesél egy ősi szeszfőzde? Kertek, gyümölcsösök, párlatok a középkorban. *A Földgömb* 2013 (4), 66–72.

AZ ARCHAEOBOTANIKAI KUTATÁSOK SZEREPE A SZARMATÁK MEZŐGAZDASÁG-TÖRTÉNETI KUTATÁSÁBAN

Pető Ákos, Kenéz Árpád

A szarmaták gazdaságtörténetéről, illetve szűkebb értelemben véve a növények hasznosításához való viszonyáról kevés közvetlen információ állt rendelkezésünkre. A kutatástörténetben megbúvó közvetett információk – a feltárt települések szerkezete, a háztípusok, a gödörformák és ezek háztartásokon belüli eloszlása – adnak némi kapaszkodót, de jól körülírható általánosságokon túlmenő részleteket nem következtethetünk ki ezekből. A Dobó István Vármúzeum a 21. sz. főút bővítésekor 2014-ben Apc-Farkas-major I., 2016-ban pedig Hatvan-Baj-puszta II. lelőhelyeken végzett feltárást Heves megyében, ahol archaeobotanikai vizsgálat céljából számos antropogén üledékminta begyűjtése is megvalósult. A két feltárást páratlan lehetőséget kínált ahhoz, hogy részletesebben megismerhessük a szarmaták táplálkozás-, gazdaság- és mezőgazdaságtörténetét.

A megelőző feltárást során mindkét lelőhelyen azokból a régészeti jelenségekből, amelyek faszenes vagy átégett réteget tartalmaztak, a Dobó István Vármúzeum munkatársai földmintákat vettek. A gyűjtött minták flotálását Egerben, a múzeum raktárában végezték el 2 mm-1 mm-0,8 mm-0,5 mm-es szitasoron. Ez az eljárás megfelel az archaeobotanikai minták standard flotálási protokolljának.

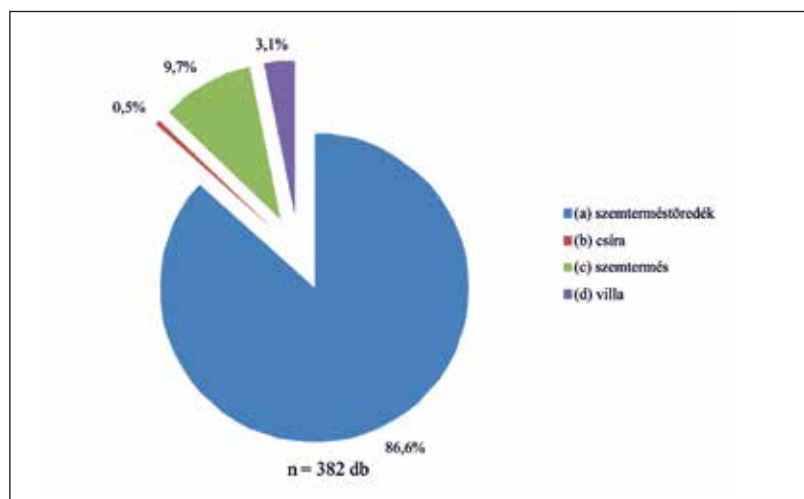
Mind az Apc, mind a Hatvan melletti település a Zagyvához közel, sík területen, az Alföld északi peremén, a sík- és hegyvidék találkozásánál jött létre. Az egykori településeket kisebb vízfolyások mellett alakították ki, magasabb szárazulatokon, közelükben mocsaras-lápos, vízjárta területekkel.

A szarmata kutatás jelenlegi eredményei arra engednek következtetni, hogy a Kr. u. 2. században változik meg a népcsoport életformája olyan mértékben, hogy a nomadizáló nagyállattartás mellett megjelennek az agrárprofilú települések is. Feltételezhető, hogy addig a helyi kelta lakosságtól szereztek be a mezőgazdasági áruk egy részét. Hasonlóan a többi korszakban tapasztaltakhoz, a vízfolyások melletti, de a térszínből enyhén kiemelkedő területeken (lokális allúviumok, homok- és löszhátak) létrejövő szarmata településeken félig földbe mélyített, tartóölpös/ágasfás, tapasztatott vagy vályogfalú épületek adják a háztartások központi elemét/elemeit. Ezek körül méhkas vagy henger alakú tároló-, illetve hulladékgyűjtő jellegű épületek jelennek meg. A nagyállattartás egyik ékes bizonyítéka a karámok határolásához használt árkok kialakítása, amelyek részben védelmi funkciót is elláthattak. Az árokrendszer párhuzamosan futó árkokból állhatott, amelyek közül a legszélesebb a külső határoló árok volt, a belső keskenyebb és sekélyebb pedig védmű- vagy karámfunkciót látott el amellet, hogy a telep ideális vízgazdálkodási viszonyait is segítette kialakítani (vízelvezetés).

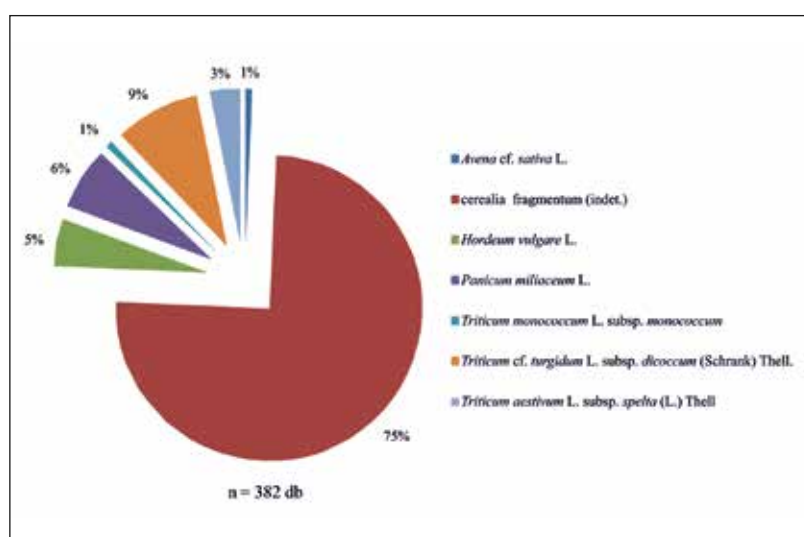
A szarmaták növényhasznosítási, illetve növénytermesztési szokásairól közvetlen információt az a kisszámú ásatás nyújt, amelyen korábban véletlenszerű vagy szisztematikus mintavételezés és archaeobotanikai feldolgozás valósult meg. Ezek közül a legfontosabbnak Kiskundorozsma-Nagyszék (Kr. u. 3–4. század) tekinthető, ahonnan 90 növényfaj maradványai kerültek elő. A hivatkozott lelőhely karpológiai adatainak összefoglaló értékelése arra enged következtetni, hogy a szarmaták ebben az időszakban már kiterjedt növénytermesztést folytattak, ugyanakkor a növénysszortiment alapján a meghatározó technológiai tudás még a nomadizáló népek mezőgazdasági ismereteire támaszkodott, azaz anakronisztikus lehetett. Az előbbire bizonyíték a településen előkerült nagyszámú és diverz fajösszetételű gabonalelet, az utóbbira pedig az a tény, hogy a domináns fajok az árpa és a köles voltak. Ez a két faj a gyorsan mozgó, szálláshelyét évente legalább kétszer változtató nomád népcsoportok fő növényi élelemforrásának tekinthető. A fenti képet erősíti Endrőd 170. sz. lelőhely makro-archaeobotanikai vizsgálatának, illetve Gyoma 133. sz. lelőhely palinológiai vizsgálatának eredménye is. Érdekes adalékot szolgáltat a szarmata társadalom és a növények kapcsolatát illetően Szihalom-Pamlényi tábla, ahol sírokból kerültek elő köles, tönke és közönséges búza szemtermések. A sírokból előkerülő növényi maradványok utalhatnak a halotti toron fogyasztott ételekre is.

A fenti lelőhelyek sorába illeszkedik a Heves megyei Apc-Farkas-major és Hatvan-Baj-puszta lelőhely. A szarmata táplálkozás-, illetve mezőgazdaság-történet feltárást nagyban segítette e két lelőhely vizsgálata, hiszen az ott gyűjtött minták egyaránt megjelenítenek településkörnyezetet (gödörök, oszlophelyek és házak) és temetkezéseket (sírkerámiák betöltései) is. A települési kontextusból előkerült leletegyüttes

90. ábra. Hatvan-Baj-pusztai lelőhelyről feltárt gabonamaradványok taxon szerinti megoszlása



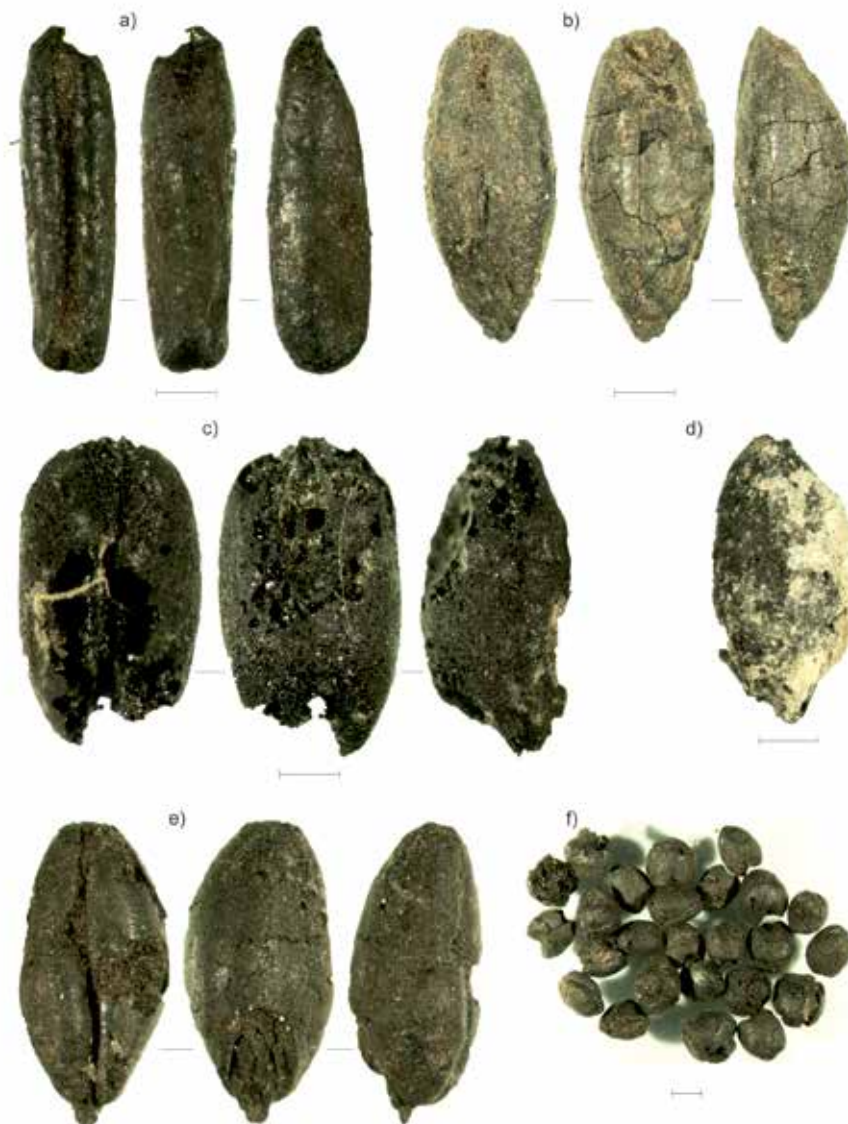
91. ábra. Hatvan-Baj-pusztai lelőhelyről feltárt gabonamaradványok típus szerinti megoszlása



illeszkedik abba az ismeretanyagba, amelyet jelenleg a szarmata kultúrkör népességének növényhasznosítási, növénytermesztési szokásairól tudunk. Ebben az értelemben érthető, hogy a fajszinten meghatározható gabonamaradványokat a nomád gyökerekkel bíró, kezdetleges szántóföldi növénytermesztési tudással (*know-how*) felvértezett kultúrákban is domináns árpa, köles és pelyvás búzák uralják (90. és 91. ábra).

Az Apc-Farkas-major 429. sz. gödréből vett 18. minta egy gödörbe került kerámia betöltését jeleníti meg. Az ebből feltárt 218 db cerealiaeletben a tönke, árpa, alakor sorrend illik a fent bemutatott képbe, ugyanakkor érdekes módon erről a lelőhelyről a kölest nem sikerült kimutatni. A növénytermesztés lehetséges színvonaláról a relatíve nagyszámú fehérlibatop-maradvány árulkodik. Majdnem az összes fehérlibatop-makkmaradvány ugyanebből az objektumból került elő, így feltételezhetjük, hogy a szántóföldek szélén, a taposott, zavart gyomtársulások egyik karakterfaja lehetett, és talán a betakarítás idején kerülhetett a gödörbe a gabonaanyaggal együtt.

A településobjektumok közül kétségtelenül a Hatvan-Baj-pusztai II. 39. sz. gödréből származó 19. minta szolgáltatja az egyik legfigyelemreméltóbb leletanyagot. Itt szintén a tönke dominál a meghatározható gabonamaradványok között, ugyanakkor az árpa és az alakor mellett megjelenik a tönköly is, ami a hasznos növény-összetétel valamelyes arányeltolódására is utalhat. A Hatvan-Baj-pusztai lelőhely 39. sz. gödréből feltárt archaeobotanikai anyaghoz képest csupán hajszálnyit árnyalja a képet a többi települési kontextusból származó minta régészeti növénytani anyaga. Az egyik legfontosabb lelet ebből a szempontból a 65. sz. objektumból származó 20. minta viszonylag nagyszámú kölesanyaga (92. ábra), amely az archaikus jellegű, nomadizáló élelemtermelés kézzel fogható bizonyítéka. A Hatvan-Baj-pusztán kimutatott gyomok egyértelműen a fent említett őszi és tavaszi vetésű gabonafajok között fordultak elő, illetve a szántóföldek szegélyeiben megjelenő bolygatott növénytársulásokat jellemzik. A kimutatott gyomfajok elsősorban nitrogénben gazdag területeket, útszéli gyomtársulásokat, valamint felhagyott területeket jelenítenek meg; ezek



92. ábra. Hatvan-Baj-pusztá lelőhelyről feltárt jellegzetes gabonataxonok szemtermései. Skála = 1 mm.

- a) Abrakzab (*Avena cf. sativa* L.), b) árpa (*Hordeum vulgare* L.),
 c) tönköly (*Triticum aestivum* L. subsp. *spelta* [L.] Thell),
 d) alakor (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*),
 e) tönke (*Triticum turgidum* L. subsp. *dicoccum* [Schrank] Thell), f) köles (*Panicum miliaceum* L.)

a habitatok minden valószínűség szerint a szarmata telephez kapcsolódó állattartó és növénytermesztési célokat szolgáló területek határsávjában, az összekötő ösvények, valamint a kérődző állatok által frekvenciánként használt területeken találták meg élőhelyüket.

A fenti mozaikinformációk szépen kirajzolják a hatvani szarmata telep környezeti képét. A szárazabb, xerofil élőhelyeket megjelenítő gyomok, illetve a gabonagyomok a növénytermesztésre használt termőhelyeket, míg a nedvesebb rétek, illetve a magas nitrogéntartalmú – azaz kifejezetten terhelt és magas tápanyag-ellátottságú – talajok az állattartás, a legeltetés színhelyeit jelzik.

A fenti összefoglalás a szerzők alábbi cikke alapján készült:

Pető Á., Kenéz Á., Tóth Z. (2017) Régészeti növénytani adatok a szarmaták mezőgazdaság- és táplálkozástörténeti kutatásához Hatvan-Baj-pusztá és Apc-Farkas-major lelőhelyek alapján. *Archeometriai Műhely* XIV (2), 117–128.

AVAR KORI FEGYVEREK XYLOTÓMIAI VIZSGÁLATA

Saláta Dénes

A különböző faanyagok felhasználásával kapcsolatos ismeretek bővítéséhez kiváló lehetőséget adott a Dunaszentgyörgy-Kaszás-tanya lelőhelyről előkerült, avar kori sírból származó szenült és fémkorróziós megtartású mintacsoport, amelyből kiemelendők a nyílvevesszőmaradványok.

A munka során az egyedi sorszámmal ellátott mintaegységeken belüli összes mintaelem megvizsgálásra került. A mintákon azonosításra alkalmas felületek vizsgálata, azok hiánya esetén létrehozása a cél, lehetőség szerint a lelet jelentős roncsolása nélkül. A rossz megtartású régészeti leleteknél feltétlenül szükséges egyeztetni a leletért felelős régésszel, hiszen a vizsgálat során sérülhet a minta. Ilyen leleteknél gyakran előfordul, hogy a radiális és tangenciális oldalak még finom ecsettel sem preparálhatók.

A minták xylotómiai vizsgálata a minta kicsomagolásával és szemrevételezésével kezdődött. A felület megtisztítását követően makroszkópos vizsgálatra és leírásra került sor, majd mikroszkópos vizsgálat következett, amelynek eszköze egy Leica M80 sztereomikroszkóp volt. A minta méretre alakított papírgöngyölegben, illetve gyurmában kerül stabilizálásra a mikroszkopizálás idejére. A mintákon található azonosításra, határozásra alkalmas képletek fotózása nagy felbontású TIFF formátumba, Leica DFC295 kamera fejegységgel történt, Leica Application Suite V4.2 képrögzítő és feldolgozó szoftver segítségével. A faanatómiai és taxonómiai minták az eredeti csomagolóanyagba kerültek visszacsomagolásra és egyedi cédulát kaptak.

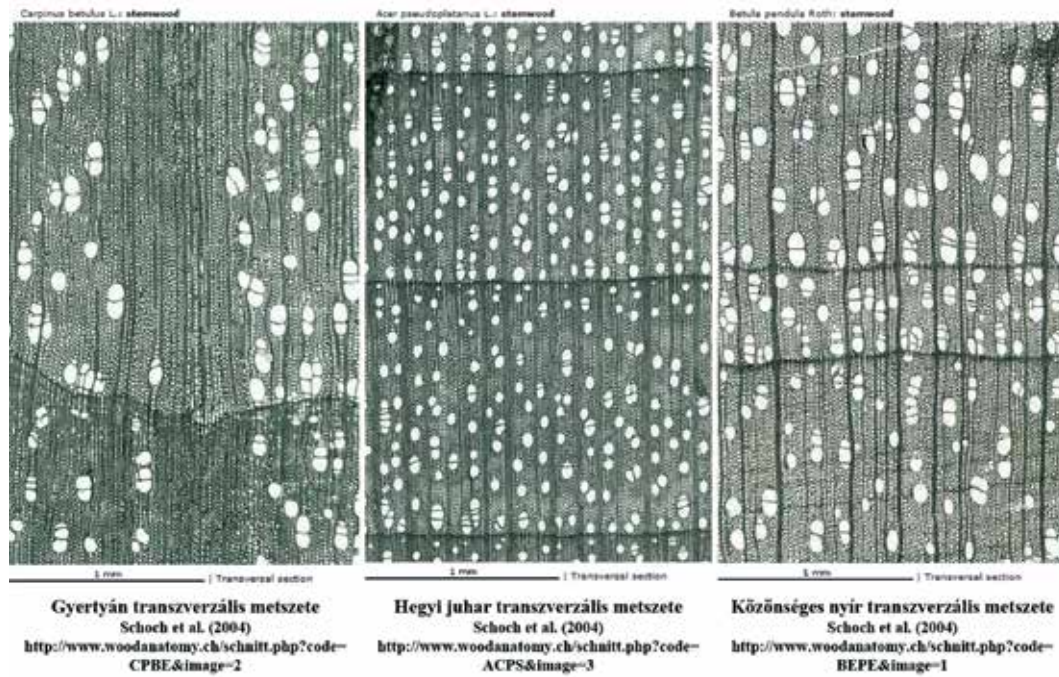
A tíz darab nyílhegyhez, nyílvevesszőhöz köthető faanyagmaradvány közül két mintán nem voltak azonosításra alkalmas képletek, így meghatározásuk nem volt lehetséges. Egy mintáról csupán annyi volt megállapítható, hogy lombos fafajtól származik, míg három mintáról megállapítható, hogy szórtlikacsú lombos fától származnak. A felszíneken látható határozási bélyegek alapján két esetben feltételezhető, két esetben jó eséllyel megállapítható a faj.

Az 1.63372.331.24. számú minta egy nyílhegy a nyílvevessző maradványával. Viszonylag jó, fémes (feltehetően vasas) megtartású, mérete $3,5 \times 0,8 \times 0,7$ cm. A minta transzverzális oldalán (93. és 94. ábra) egyértelműen jól azonosítható edények láthatóak.

Az edények jelenléte alapján bizonyos, hogy a minta lombos fától származik, és mivel az edények nem sorban helyezkednek el, szórt likacsú lombos fáról van szó. Az edények szórtan egyesével, de inkább kettesével radiális csoportokba rendeződve helyezkednek el, alakjuk hosszúkás. A bélsugarak jól láthatók, keskenyek, élesen kirajzolódnak. Az évgyűrűhatárok nem láthatók, a radiális és tangenciális felszínek roncsolódtak, nem tartalmazznak a határozáshoz használható információkat.



93. ábra. A Dunaszentgyörgy-Kaszás-tanya lelőhelyről előkerült 1.63372.331.24. számú minta transzverzális felülete



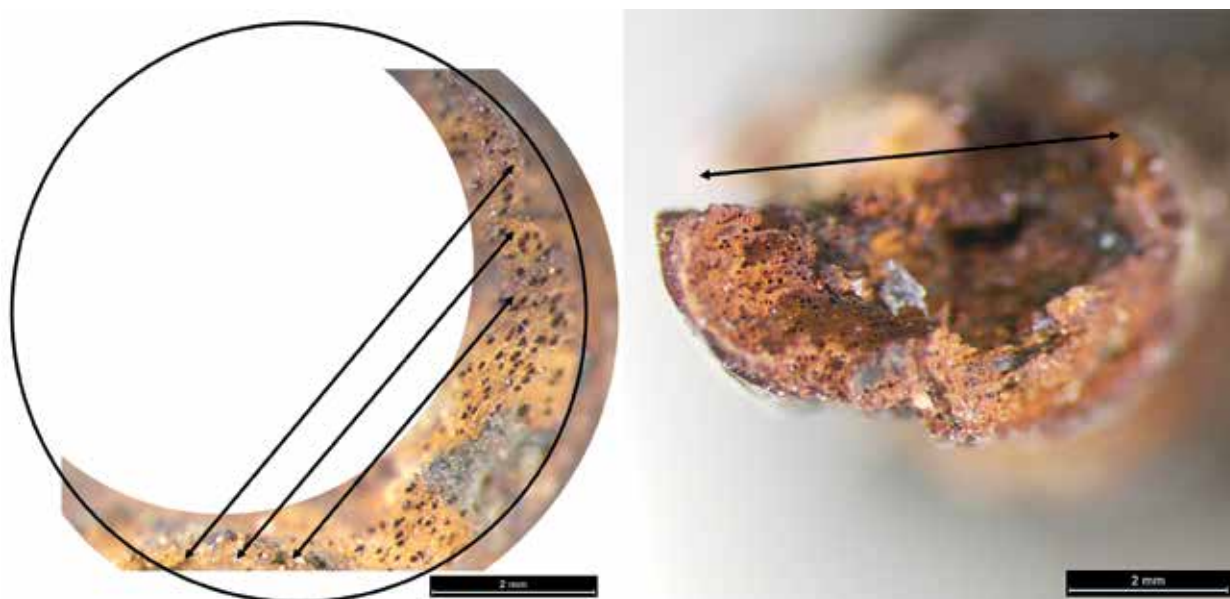
94. ábra. A határozás során szóba jöhető fajok

A minta vizsgálatából rendelkezésre álló információk alapján több fafaj is megjelölhető, leginkább a gyertyán (*Carpinus betulus*), valamely juharfaj – hegyi (*Acer pseudoplatanus*) vagy korai (*A. platanoides*) –, illetve közönséges (*Betula pendula*) vagy molyhos nyír (*B. pubescens*).

A korai és a hegyijuhar-fajok pusztán faanatómiai szempontból nem elkülöníthetők, mindazonáltal a bélsugarak szélessége és az edények mérete alapján jelen esetben kizárhatók. A gyertyán és az említett két nyírfaj elkülönítésénél (a transzverzális metszetre szorítkozva, 95. ábra) az edények adnak támpontot. Mindkét lehetőség esetében az edények átmérője közel azonos mérettartományba esnek (gyertyán: 15–80 μm , nyírek: 30–130 μm), azonban azok sűrűsége és mennyisége jelentősen különbözik – gyertyán: 20–32 db/ mm^2 és 10%, nyírek: 40–60 db/ mm^2 és 20,8–29,6%. Tehát jelen esetben a gyertyán ritkább, míg a nyírek sűrűbb edényeloszlást mutatnak. A fénykép készítése során felkerült méretarány segítségével leszámolható az 1 mm^2 -re eső edények száma, illetve könnyebben becsülhető vagy mérhető a mennyisé-



95. ábra. Az 1 mm^2 -re eső edények megállapítása



96. ábra. A Dunaszentgyörgy-Kaszás-tanya lelőhelyről előkerült 1.63372.331.24. és 1.63372.331.22. számú minták transzverzális felülete, előbbi esetben a nyílvesztő keresztmetszetét kiegészítő körrel és mindkét esetben a bélsugarak irányát jelölő nyilakkal

gük. A 77. ábrán látható egy 1 mm^2 alapterületű négyzet kettéosztva, mivel a minta nem tartalmaz ekkora egybefüggő felületet. Leszámolva az edényeket 21 db található $0,5 \text{ mm}^2$ -en, így az érték 42 db/mm^2 , ami ugyan nincs túl messze a gyertyán edényeinek átlagos sűrűségétől, viszont egyértelműen megállapítható, hogy a mennyiségük jelentős mértékben 10% feletti.

Mindent összevetve a minta nagy valószínűség szerint közönséges nyír vagy molyhos nyírfajtól származik (zárvatermők törzse [*Angiospermatophyta*], kétszikűek osztálya [*Dicotyledonopsida*], bükkfafélék rendje [*Fagales*], nyírfafélék családja [*Betulaceae*], *Betula* nemzetség), ugyanakkor ezek elkülönítése pusztán faanatómiai alapon nem lehetséges.

A minták származási helye egy Dunaszentgyörgy határában található sír, mindazonáltal nem biztos, hogy a nyílvesztőket a temetés helyén készítették, így a földrajzi helyzet jelen esetben nem szolgál meghatározó információval.

A molyhos nyír tőzegmohás, lápos területek társulásalkotó (nyírlápok) faja, Észak- és Közép-Európában őshonos, boreális (hideg-mérsékelt égövi) reliktum (adott területen korábbi földtörténeti korból fennmaradt faj). A közönséges nyír egész Európában elterjedt (kivéve a Földközi-tenger partvidékét és Ázsia északi, valamint középső részét). Alapvetően hegyvidéki fafaj, gyengén vagy erősebben savanyú talajú lombdők növénye (savanyúságjelző), de mint természetes pionír (egy területen a természetes vegetáció pusztulását követően, a pusztulást kiváltó ok megszűnése után elsőként megtelepedő faj) és elegyfaj, szinte bármely fásszárú vegetáció megtelepedésére alkalmas területen előfordul.

A nyílvesztők anyagául mindkét faj szóba jöhet, főként, hogy az avar korban jóval elterjedtebbek lehettek a lápos élőhelyek a Kárpát-medencében. A két faj között külső megjelenési és citológiai különbségek is vannak (a közönséges nyír diploid, a molyhos nyír tetraploid kromoszómaszámú). A két faj közül vélhetően a közönséges nyír a valószínűbb gyakoribb előfordulása és könnyebb hozzáférhetősége miatt.

A faanyagok nyílvesztőként történő felhasználásával kapcsolatban megemlítendő, hogy a fából készült nyílvesztőket vagy hajtásvesztőből, vagy nagyobb keresztmetszetű faanyagból készítették. A mintán a bélsugarak és edények elhelyezkedését megvizsgálva látható, hogy a bélsugarak párhuzamos lefutásúak, nem a feltételezett középpont felé mutatnak, így kijelenthető, hogy a nyílvesztőt nagyobb keresztmetszetű faanyagból készítették. Ezt a megállapítást megerősíti az egyik, szintén a lelőhelyről előkerült nyílvesztőtöredék (96. ábra).

KORA NEOLIT KERÁMIÁK NÖVÉNYI SOVÁNYÍTÁSÁNAK FITOLITVIZSGÁLATA

Pető Ákos

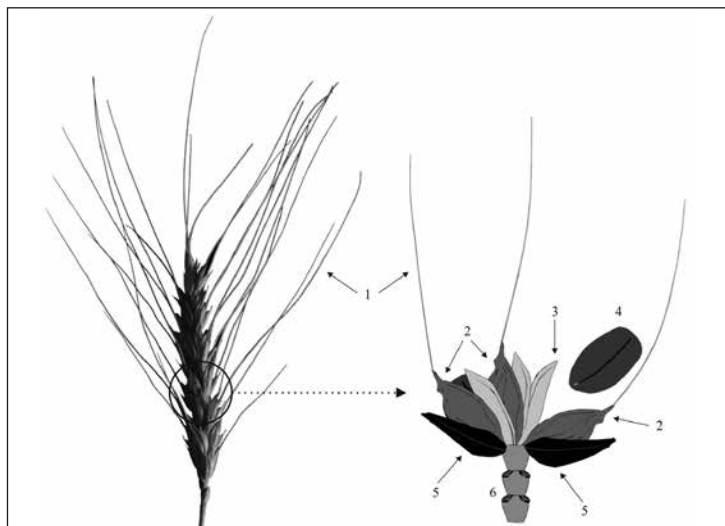
A kerámiakészítés technológiai jegyeinek meghatározásában a fitolitok – anyagi jellemzőikből adódóan – indikátorai lehetnek a kiégetési hőmérsékletnek, továbbá a kerámianyersanyag soványításához felhasznált növényi részek meghatározásában is szerepet játszhatnak.

Az általánosságban „pelyvás soványítással” leírt edények soványító anyaga a gabonatermesztés egyik melléktermékére, a cséplési hulladékra utal(hat). Növény szerzettani szempontból a cséplési hulladék a kalászorsón elhelyezkedő szemek eltávolításával visszamaradó nehéz és könnyű frakció, amely magában foglal(hat)ja a kalászorsó töredékeit, a szemet tartó villákat, a pelyvalevele(ke)t (*gluma*), a háti és hasi toklást (*lemma*), illetve a toklász szálkáját (is) (97. ábra). Az említett növényi részek közül a pelyva és a toklász epidermisze jelentős szilíciumakkumulációs pontja a növénynek, éppen ezért ezek bőrszövetében nagy mennyiségben képződnek fitolitok. A learatott gabona tisztítása során a szemtermésektől szeleléssel elválasztott cséplési hulladék – éppen a magas szilíciumtartalom és az egységes mérettartomány miatt – megfelelő soványítóanyagot képez. Ebben a tekintetben tehát a gabonák virágzati képleteinek a kerámianyersanyagba való bejutása tudatos, szelektív emberi cselekedet hatására valósul meg a gabonatisztítás melléktermékeként definiálható és aratás után rendelkezésre álló anyagtípusból.

A klasszikus értelemben vett fitolitelemzés során a befoglaló közegből felszabadított növényi opálszemcséket egy olyan, optikailag megfelelő médiumban vizsgáljuk (pl. glicerin, kanadabalzsam stb.), amely lehetővé teszi az opáltestek forgatását, így a növényi opálszemcsék leírását és meghatározását háromdimenziós megfigyelés segíti. A fitolitok kerámia vékonycsiszolatokban való megfigyelése ugyanakkor rögzített, a csiszolás eredményeképpen létrejövő, kétdimenziós környezetben történhet csak meg. Ebben a tekintetben a módszert több korlátozó tényező is terheli.

A csiszolatkészítés természetéből fakadóan a megfelelő vékonyság elérhető ugyan, de sok esetben nem valósul meg az az állapot, amelyben a megfigyelés síkjára merőleges és sértetlen növényi opálszemcse kerül kipreparálásra. A kétdimenziós rögzített környezet, illetve a növényi opálszemcsék elcsiszolása ugyan hátrányt jelent, ugyanakkor a magas soványítóanyag-tartalmú minták esetében a szögben álló és/vagy elcsiszolt formák mellett előkerülhetnek jól megfigyelhető, leírható növényi opálszemcsék is.

A növényi opálszemcsék láthatóságát nemcsak a csiszolatkészítés technikája, az adott csiszolat vékonysága befolyásolja, hanem a kerámia oxidáltsági foka is. A redukív rétegben ugyanis sok esetben a szerves anyag elégtelen elégeése (szenülése) eredményeképpen bevonat képződik az üregekben foglalt opáltesteken, amely jelentősen csökkenti a megfigyelhetőséget. Ezzel ellentétben a kerámiatestek külső/belső oldalain a megfelelő mértékben oxidálódott rétegben a növényi opálszemcsék előkerülésének valószínűsége és egyben láthatósága is jóval nagyobb (98. ábra).



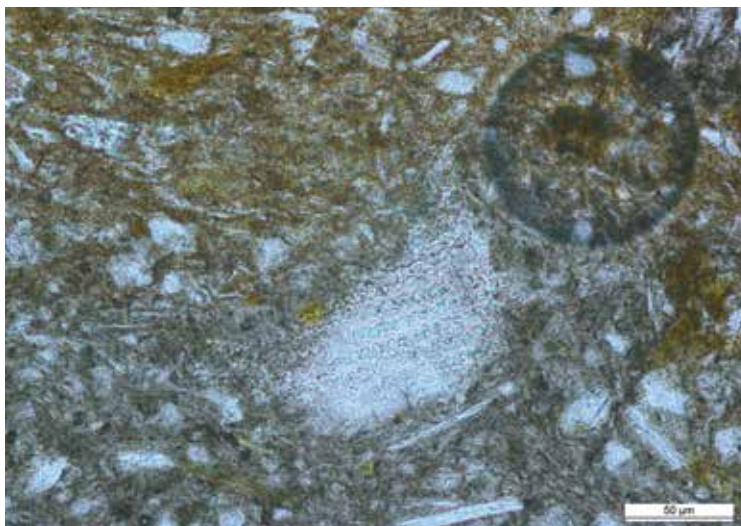
97. ábra. *Triticum* sp. általános virágzati felépítése.

- 1 – szálka,
- 2 – külső toklász,
- 3 – belső toklász,
- 4 – szemtermés (*caryopsis*),
- 5 – pelyvalevél,
- 6 – kalászorsótag

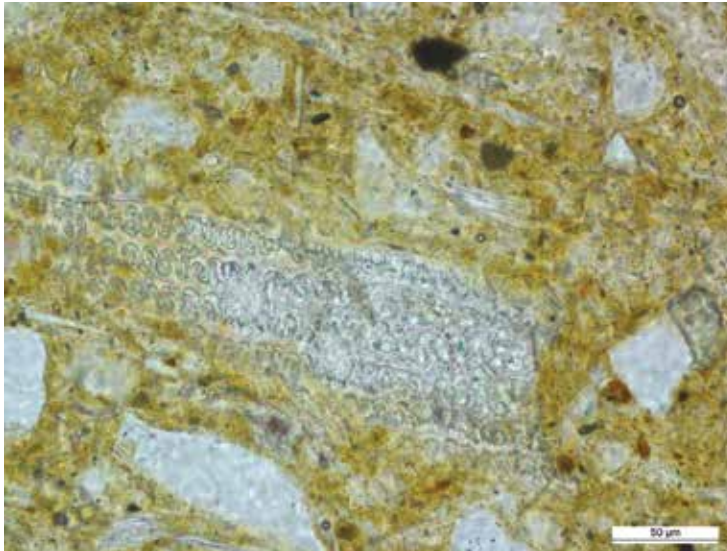
A növényi anyaggal való soványítás a neolitikumban a legerjedtebb technológiai hagyomány volt, amely nagy földrajzi területen figyelhető meg, ezért ennek részleteiben történő vizsgálata fontos régészeti szempont. A fitolitokban, illetve elkovásodott növényi szövetekben gazdag neolit vékonycsiszolatok esetében szembetűnő, hogy a pázsitfűvek (Gramineae) szár és levél epidermiszének indikátorai alulreprezentáltak a virágzati képletek epidermiszének morfortípusaival szemben. Növényanatómiai szempontból ez azt jelenti, hogy a vizsgált kerámia-alapanyag soványításához a gabonák tisztítási hulladékából visszamaradó toklász- és pelyvaleveleket használták fel elsősorban, és mellöz(het)ték a gabona learatása után visszamaradó száranyagot és lomblevélzetet.

A kora neolitikum növénytermesztési és hasznosítási agrotechnológiai sajátosságai alapján tudjuk, hogy a gabonatermesztés kezdetleges jellege magával vonta mind az egy-, mind a kétszikű gyomok megjelenését a szántóföldként használt térrészekben. Ebből kiindulva feltételezhető, hogy a betakarítás a kalászsorsókra korlátozódott, amelyek tisztítása már egy másik helyszínen valósult meg, illetve, hogy a learatott gabonába keveredő gyomokat tökéletesen eltávolították. A kora neolitikum gabonaszortimentjét az ősi pelyvás búzák és árpák uralták, így a gabonatisztítás során nagy mennyiségű, anyagában és méretében a kerámiák alapanyagának soványítására alkalmas „nyersanyag” – növénytermesztési szempontból melléktermék – keletkezett.

A növényi anyaggal történő soványítást gyakran funkcionális okokra vezetik vissza, azonban több tanulmány rámutatott arra, hogy a neolitikumban nem figyelhető meg egyértelmű összefüggés a növényi anyaggal való soványítás és bizonyos nyersanyagok között, illetve az edények formája és típusa között, hiszen ez a soványítási eljárás az idoloaktól a hombárokig a legkülönbözőbb nyersanyagokban és legkülönbözőbb mennyiségekben megfigyelhető. Amennyiben pusztán materialista szemszögből tekintünk a mikroarchaeobotanikai eredményekre, akkor felvethetjük azt az elképzelést, hogy a pelyvás soványítású kerámiák alapanyagának előkészítéséhez szükséges „nyersanyagot” a készítő a gazdasági rendszerükben egyébként is megjelenő, a létfenntartás és táplálékkészítés során keletkező és korlátlanul rendelkezésre álló melléktermékekkel valóították meg (99. ábra). A növénytermesztéssel foglalkozó társadalmak esetében hasonló fizikai tulajdonságokkal (pl. nagyfokú méretbeli azonosság, azonos „szövetkeménység”, azonos agrotechnikai folyamatban nagy mennyiségben keletkező „késztermék”) bíró más növényi soványító anyag előállítása csak plusz energia befektetésével lett volna lehetséges, míg az említett virágzati képletek egy élelemtermelés szempontjából alkalmazott technológia melléktermékeiként szükségszerűen keletkeztek és rendelkezésre álltak. Ezen túlmenően ismereteink szerint a betakarítás ugyan a mindenkor szántóföldön – helyesebben a gabonák termőhelyén – valósult meg, amely nem esett egybe a teleppel. Ismertek olyan feltételezések is, hogy a neolitikum folyamán a gabonák betakarítása – azaz az örlemény előállítására alkalmas növényi szerv (mag) begyűjtése – csupán a kalász elválasztásával történt. Ebben az esetben viszont a gabonakalászok megtisztítása a telepen valósulhatott meg, amiből az következik, hogy a kerámia-alapanyag soványítására is alkalmas virágzati képletek rendelkezésre állása az élelemtermelés technológiai folyamatában átfedésben volt a kerámiakészítés technológiai lépéseivel, azaz az alapanyag soványításához szükséges gabonapelyva és toklász ott keletkezett, ahol a soványítás is megvalósulhatott. Bad-Buchau-Torwiesen II. lelőhelyen kimu-



98. ábra. A kerámia alapanyaga által szorosan körbefont elongate dendritic LC sejtekből felépülő szöveti elkovásodás Tápé-Lebő kora neolit lelőhelyről származó 132-es számú kerámia vékonycsiszolatában



99. ábra. Elongate dendritic LC morfortípusokból felépülő elkovásodott növényi szövetmaradvány Hódmezővásárhely-Gorzsa kora neolitik telep lelőhelyről származó 120-as számú kerámia vékonycsiszolatában. Az ún. sejtfalléfutási mintázatok a búza nemzetség (*Triticum* genus) valamelyik fajának jelenlétét valószínűsítik

tatták, hogy a hosszú házakból álló késő neolitik telepen a növényekhez kapcsolódó gazdasági folyamatok a közösség által lakott telepen belül, de egymástól elkülönülten valósultak meg. Közvetlen adataink nincsenek a neolitikumból arra nézve, hogy a kerámiasoványítás pontosan hol ment végbe, de ahogy a délnyugat-németországi lelőhelyen kimutatható volt a különböző gazdasági folyamatok egy helyen – azaz telepen belül – történő elvégzése, úgy elképzelhetőnek tűnik, hogy a gabonatisztítással keletkező soványítóanyag és az agyag soványítása is egy helyen – a telepen belül – valósult meg. Ez az elképzelés elsősorban funkcionális elgondolásokon alapul. A gabonatisztítási melléktermékek egyéb céllal történő felhasználása a kerámia-alapanyagban azonban további fontos értelmezési lehetőségeknek ad teret.

A toklászok és a pelyvalevél mérete egy adott gabonaállományon belül egységesebb, mint a betakarítás után visszamaradó, szalmaszárból és lomblevélzetből előállítható apríték, továbbá – ahogyan erre fentebb utaltunk – annak előállítása további, látszólag feleslegesnek tűnő energiabefektetéssel jár. Agyagminták növényi soványítóanyaggal végzett kísérlete rámutatott arra, hogy az egyes növényi soványítóanyagok eltérő szöveti képet adnak. A vizsgálat fényt derített arra is, hogy a virágzati képletekkel történő soványítás esetén nagyobb mennyiségben maradt vissza növényi opálanyag. Ez felveti azt a lehetőséget, hogy többek között azért is lehetett elterjedtebb a „pelyvás soványítás”, mert a soványító alapanyag nagyobb mennyiségben állt rendelkezésre, legalábbis a nyári időszakban. Fitolitelemzés szempontjából a kísérleti soványítás bebizonyította, hogy még igen magas soványítóanyag jelenléte esetén is viszonylag nehéz – főleg a fitolitjelenlét szempontjából alulreprezentált növényi részek esetében – növényi opálszemcséket kimutatni a kerámia vékonycsiszolatokból. Különösen igaznak bizonyult ez a vegetatív szervek (szalmaszár és lomblevél) esetében. Ugyanakkor a vizsgálati forma technikai hátrányainak rögzített és kísérleti úton jól nyomon követhető körülmények között történő megismerése segíti a későbbi régészeti elemző munka kiteljesedését.

A fenti összefoglalás a szerzők alábbi cikkei alapján készült:

Kreiter A., Pető Á., Pánczél P. (2013) Materialising tradition: ceramic production in Early Neolithic Hungary. In: Bánffy E. (ed.) *The Early Neolithic in the Danube-Tisza Interfluvium*. British Archaeological Reports International Series 2584, Archaeolingua Central European Series 7, Budapest, 127–140.

Kreiter A., Riebe D. J., Parkinson W. A., Pető Á., Tóth M., Pánczél P., Bánffy E. (2014) Unique in its chaîne opératoire, unique in its symbolism: undressing a figurine from the 6th millennium BC Körös culture, Hungary. *Journal of Archaeological Science* 44, 136–147.

Pető Á., Vrydaghs L. (2016) Phytolith Analysis of Ceramic Thin-Sections. First Taphonomical Insights from Experiments with Vegetal Tempering. In: Sibbeson E., Jervi B., Coxon S. (eds) *Insight from Innovation: New Light on Archaeological Ceramics*. Southampton Monographs in Archaeology, New Series 6, The Highfield Press, St Andrews, UK, 57–73.

AZ ELSŐ HAZAI LOPÓTÖKLELET INTEGRÁLT ARCHEOBOTANIKAI VIZSGÁLATA

Pető Ákos, Kenéz Árpád, Lisztes-Szabó Zsuzsa, Molnár Marianna

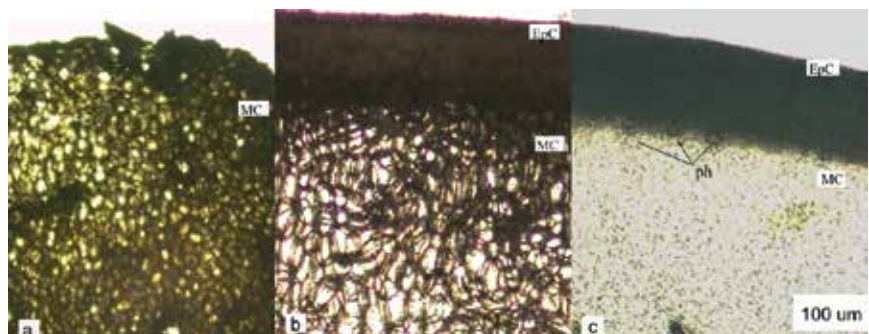
A trópusi elterjedésű lopótök (*Lagenaria siceraria* [Molina] Standl.) a tökfélék (*Cucurbitaceae*) családjának túlnyomó többségéhez hasonlóan egynyári haszonnövény, amelynek kabaktermését számos célra felhasználhatták már a múltban is. A lopótök kabakja frissen étkezési célra, a megvastagodott terméshéj kiszáradása után hangszerkészítésre és különböző háztartási funkciók betöltésére, tárolásra is alkalmas volt, de a hagyományos orvoslásban való használatára is vannak bizonyítékok. A faj jelenleg érvényben levő taxonómiai felosztása a morfológiai leírás alapján történt, amely szerint két alfaj különböztethető meg: az afrikai eredetű *L. siceraria* ssp. *siceraria* és az ázsiai eredetű *L. siceraria* ssp. *asiatica*. Ugyanakkor a morfológiai elkülönítés nem teljesen egyértelmű, mert mindkét alfaj termésének héjvastagsága és magjának alakja is igen variábilis és átfedő jellegeket hordoz. A *Lagenaria siceraria* mint faj filogeográfiailag valószínűleg afrikai eredetű. Termesztésének legkorábbi nyomai (amelyek más növények kultiválásánál korábbiak) Ázsiában kerültek elő, és később kezdtek el természetni Afrikában. Közép- és észak-amerikai lopótökletek ősi DNS és radiokarbon vizsgálatának eredményeképpen megfejtették, hogy a lopótököket már az Újvilág felfedezése előtt természetűk Észak-Amerikában, ahová minden bizonnyal a vadászgyűjtögető emberek vitték be a Bering-szoroson át. Bizonyos elméletek szerint ugyan Afrikából került át az amerikai kontinensre az óceánon sodródva, de az Afrikában természetű lopótökök morfológiai jellemzőivel történt összehasonlítás ezt nem valószínűsíti. Egyes kutatások alapján ennek azért is kicsi a valószínűsége, mert a vad típusú, vékony héjú termésben nem élhették túl a magvak a tengeri utazást.

Az első európai lopótöklet mindössze egy darab vaskori mag, amely Olaszországból került elő. A leletek alapján a római korban folyamatos a lopótök jelenléte, amiből arra lehet következtetni, hogy általános volt a használata szerte a Római Birodalomban, az azonban nem derül ki, hogy a lopótökmaradványok kereskedelemről származnak-e vagy helybeni természetűből. Emellett ismertek hollandiai, franciaországi és olaszországi leletek is, de kelet-európai archeobotanikai leletek eddig nem bukkantak elő. Nem tudjuk biztosan, hogy a természetű lopótök eddig kibontakozott elterjedési képe valós-e, vagy csupán arról van szó, hogy mostanáig a jelenlegi elterjedési képet kirajzoló maradványok kerültek elő metodológiai és tafonómiai törvényszerűségek eredményeképpen.

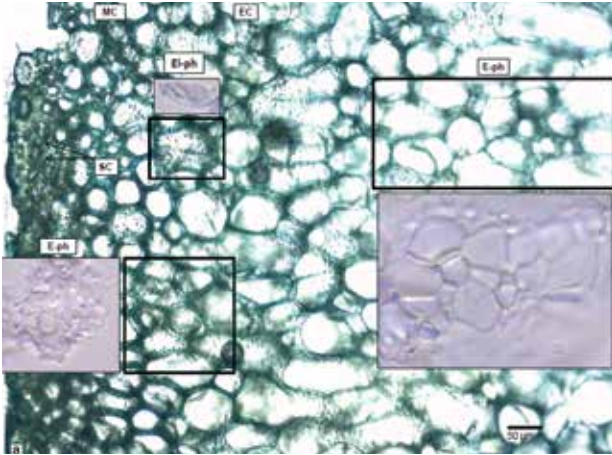
Mindezeknek fényében jelen esettanulmány különösen érdekes részletekkel járulhat hozzá a lopótök elterjedéstörténetének megismeréséhez. A 14–15. századból származó, vizes megtartású lopótökhéj-töredék az egykor Európát és Ázsiát összekötő kereskedelmi útvonalak közelében, Pócspetri-Bikaréti szivárgó (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye) lelőhelyről került elő 2011-ben. Egy telepkontextusban feltárt szemetesgödör anyagából került elő a lelet. Az antropogén eredetű üledéket tartalmazó gödörben talált edény egy megközelítőleg 10 × 7 cm-es tökhéjat rejtett. Ezenkívül a gödör tartalmazott egyéb kultúrnövény- és gyomnövénymaradványokat, a természetes növénytakaró maradványait, továbbá egy kutya teljes csontvázát.

Jelen tanulmány a tökhéj pontos azonosításának bemutatására fókuszál: cél volt a lelet összehasonlítása recens lopótök- (*Lagenaria*) és tökhéjakkal (*Cucurbita*), amelyhez makro-archeobotanikai, mikro-archeobotanikai és molekuláris módszertani eszközöket is felhasználtunk. A héjvastagság mérését digitális tolómérővel végeztük el a lelet körvonalán összesen tíz ponton. A recens lopótök-terméshéjjal történő

100. ábra. Terméshéj-
keresztmetszetek
fénymikroszkópos felvételei.
a) Pócspetri-Bikaréti szivárgó
lelőhelyen talált tökhéjlelet, b)
referencia *Lagenaria siceraria*
terméshéj, c) referencia
Cucurbita pepo terméshéj. MC:
mezokarpium, EpC: epikarpium,
ph: fitolit



szöveti összehasonlításához három érett termést tanulmányoztunk (*Lagenaria siceraria* [Molina] Standl. provar. *clavata*; Kertészeti Bemutatókert, Debreceni Egyetem). A referencia-tökhéjak legvastagabb részéből 2-2 cm² területű darabokat száraz hamvasztással tártunk fel, ugyanis itt található a legtöbb fitolit egységi területen, majd Zeiss Axioskop 2Plus (Carl Zeiss Microscopy, Thornwood NY) mikroszkóppal vizsgáltuk 200-szoros és 400-szoros nagyításon. Egyszerű morfológiai méréseket végeztünk a mezokarpium 18-18 db fitolitján. Egy fitolitnak két méretét vettük fel egymásra merőleges, a fitolitot középen átszelő hosszvonalakon (ScopePhoto 3.0.3). A fitolitok szövetben *in situ* történő tanulmányozásához pengével keresztmetszeteket készítettünk a leletből és a referencia-tökhéjakból. Molekuláris genetikai módszerrel tisztáztuk, hogy a lelet mely *Lagenaria* alfajhoz tartozhat, amelynek során két kloroplasztisz által kódolt intergenerikus spacer (IGS) régiót vizsgáltunk (Debreceni Egyetem, Növényteni Tanszék, MTA-DE Lendület Evolúciós Filogenomikai Kutatócsoport).



101. ábra. *Lagenaria siceraria* terméshéjak fénymikroszkópos keresztmetszeti képei. A beágyazott képek a fitolitok anatómiai helyét jelzik.

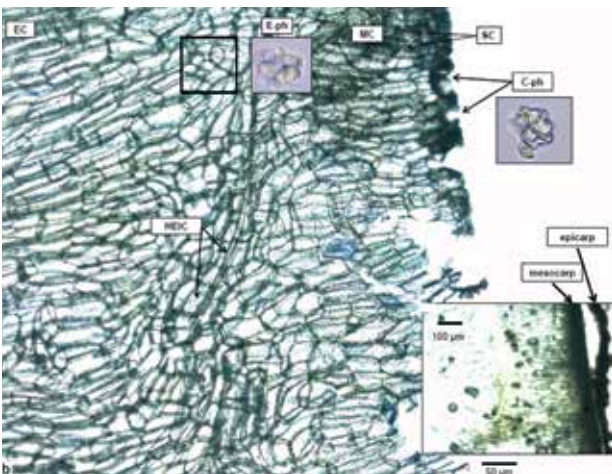
a) Referencia terméshéj: MC: mezokarpium, EC: endokarpium, SC: szklerenchima sejtek,

E-ph: endokarpium fitolitok: floriform sejtstruktúra szilifikált sejtfalakkal, El-ph: megnyúlt szilifikált sejtek.

b) Terméshéjlelet (beágyazott kép: a leváló epikarpium),

E-ph: endokarpium fitolitok: floriform sejtstruktúra szilifikált sejtfalakkal, C-ph: a kieső fitolitok üregei, HEIC: horizontálisan megnyúlt sejtek.

c) Terméshéjlelet keresztmetszete



102. ábra. *Lagenaria siceraria* terméshéj fitolitjai.

a) Referencia mezokarpium fitolitok, b) a lelet mezokarpiumának fitolitjai, c) referencia endokarpium fitolitok, d) a lelet endokarpiumának fitolitjai

A *Cucurbita* és *Lagenaria* kabaktermések héjának elkülönítése a héjvastagság alapján egyértelmű, valamint a megvastagodott héj a domesztikáció egyik fontos ismérve (80. ábra). A Pócspetri-Bikaréti szivárgó lelőhelyen talált tökhéj héjvastagsága 4,2–5,5 mm közötti. A *Cucurbita* és *Lagenaria* fajok héjvastagsága átfedő (*Cucurbita*: 1,5–10 mm; *Lagenaria*: 1,0–16 mm), azonban a *Cucurbita* nemzetségben ritkán vékonyabb a héj 4 mm-nél. Ez némiképpen sugallja, hogy a tökhéjlelet lopótök kabakjából származik, azzal együtt, hogy a lelet felülete sima, ami inkább a *Lagenaria* fajok sajátja. A tökfajok termésének falából készült metszeteken az epidermisz is látható, míg a *Lagenaria* esetében az epidermisz leváló (106. ábra). Utóbbi jelenséget tapasztaltuk a lelet esetén is, azaz a preparátum készítése közben a bőrszövet elengedi a mezokarpium szövetét, és a metszet ezen a vonalon kettéválk.

A lopótök-terméshéj (perikarpium) epidermisze alatt vékony rétegben kősejtek sorakoznak a laza parenchimában, míg a *Cucurbita* fajok termésének epidermisze alatt kiterjedten vastag falú, erősen szklerenchimatizált kősejtek találhatóak. Utóbbi struktúrát sem a lelet, sem a referencia-tökhéjak nem mutatták. A lelet szöveti felépítése a referencia-lopótökök terméshéjának a következőkben leírt anatómiájával (101. ábra) maradéktalanul megegyezett. A terméshéj (perikarpium) a *Lagenaria* fajoknál izodiametrikus és megnyúlt sejtek többé-kevésbé szabálytalanul rendeződő szöve. A külső terméshéj (epikarpium) az epidermiszből és a vékony hipodermiszből áll. A középső terméshéj (mezokarpium) többé-kevésbé szklerenchimatikus. A vastag falú szklerenchimasejtek radiálisan vagy erre merőlegesen megnyúltak, néhol kisebb izodiametrikus szklerenchimasejt is ékelődik közéjük (kősejtek). A lelet mezokarpiumának szklerenchimázottsága kevésbé feltűnő, ami valószínűleg a sejt-falanyagok víztelítettség miatti degradálódásának következménye. A hipodermisz és a mezokarpium

szklerenchima rétege között kisméretű fitolitok fordulnak elő, amelyek gyakran kiesnek a metszet készítése közben, és egy megfelelő méretű üreget hagynak maguk után. A megnyúlt sejtek és a kisebb izodiametrikus sejtek változó méretű horpadásnyomokat hagynak a kovatesteken. Ez a jelenség hasonló a *Cucurbita* fajok terméshéjfitolitiájának mintázatához, de utóbbi esetben a fitolitokat egyöntetűen kisméretű izodiametrikus sejtek veszik körül, ezért a fitolitok szabályos fázettálságot mutatnak. A mezokarpium szklerenchimaréteg alatti része és a terméshéj belső része (endokarpium) karakterisztikus parenchimatikus struktúrát mutat, ez az úgynevezett „floriform” fitolitstruktúra, amely a hamvasztással feltárt fitolitikészletben is megfigyelhető volt, de a szöveti metszeteken is felismerhető. Középen egy izodiametrikus sejt áll, amelyet nagyobb parenchimasejtek vesznek körül virágsziromszerűen. A struktúrát a sejtfaalak szilifikáltsága tartja össze. A mezokarpium floriform struktúrái kompaktabbak, mint az endokarpiumban találhatóak. Egyelőre ezt a formát nem tartjuk a *Lagenaria* héj diagnosztikus fitolitformájának, hasonló struktúra a *Cucurbita* fajok pericarpiumában is kialakulhat. A referencia-lopótökhéjak és a lelet feltárása eredményeképpen 85-85 db fitolitot vizsgáltunk, amelyek 21%-ban mezokarpiumfitolitok voltak (102. ábra). Szignifikáns különbséget nem találtunk a lelet és a referenciatökhéj-fitolitok méretei között.

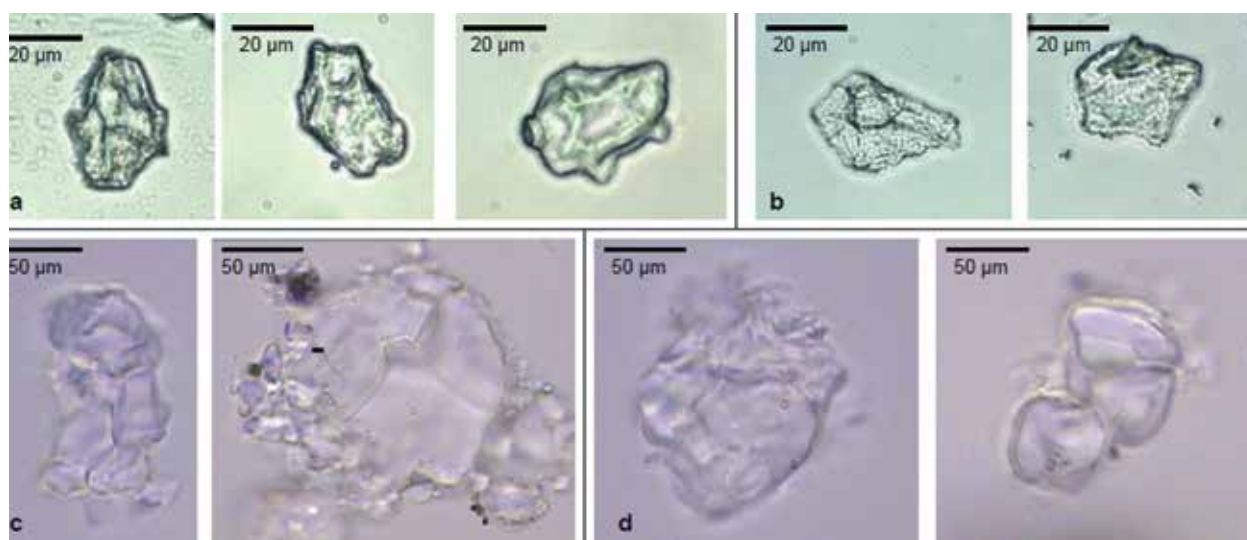
A *Lagenaria siceraria* kabaktermésének héjában tehát két fitolitformát találtunk: i) 10–60 µm átmérőjű mezokarpium fitolitok a fitolitot formáló zónában (phytolith forming zone – PFZ; ii) 100–150 µm átmérőjű endokarpium fitolitok.

Mindkét típus többé-kevésbé horpadásokkal mintázott, amelyeknek mélysége, mérete a szomszédos sejtektől függ (82. ábra). Az ICPN 1.0 (International Phytolith Nomenclature) terminológia alapján a mezokarpium fitolitjainak leírása: *oblong, faceted with concave surfaces*, az endokarpium fitolitjainak leírása: *more or less planar, faceted with concave surfaces 'floriform' structure*.

Összegezve, mind az összehasonlító makromorfológiai és szövettani vizsgálatok, mind a fitolitelemzés (103. ábra) vizsgálatok alátámasztották, hogy a Pócspetri-Bikaréti szivárgó lelőhelyen talált tökhéj *L. siceraria*, azaz lopótök héja. Az ősi DNS feltárása és vizsgálata szerencsés módon sikeresnek bizonyult, így világossá vált, hogy a *L. siceraria* ssp. *asiatica* alfajjal állunk szemben. Arról azonban nincs adatunk, hogy a lopótök helyben termesztett példány volt-e vagy kereskedelmi úton került a lelőhelyre.

A fenti összefoglalás a szerzők alábbi cikke(i) alapján készült:

Pető Á., Kenéz Á., Lisztes-Szabó Zs., Sramkó G., Laczkó L., Marianna M., Bóka G. (2017) The first archaeobotanical evidence of *Lagenaria siceraria* from the territory of Hungary: histology, phytoliths and (a)DNA. *Vegetation History and Archaeobotany* 26 (1), 125–142.



103. ábra. Iszolált *Lagenaria siceraria* terméshéjfitolitok.
 a) Referencia mezokarpiumból feltárt növényi opálszemcsék,
 b) archaeobotanikai leletből feltárt mezokarpális növényi opálszemcsék,
 c) referencia endokarpiumból feltárt növényi opálszemcsék,
 d) az archaeobotanikai lelet endokarpiumából feltárt növényi opálszemcsék

INTEGRÁLT ARCHAEOBOTANIKAI VIZSGÁLATOKRA ALAPOZOTT OBJEKTUMON BELÜLI TÉRHASZNÁLAT-ELEMZÉS

Pető Ákos, Kenéz Árpád

Egy régészeti lelőhely leggyakoribb és legnagyobb mennyiségben rendelkezésre álló leletanyaga az emberi (élet)tevékenység által létrejött talaj-, illetve üledékanyag. Ezeket a módosított talajképződményeket, illetve üledékösszleteket a szakirodalom az elmúlt évtizedekben számos különböző módon nevezte (pl. kultúrréteg, kulturális depozit stb.), ugyanakkor ma jellemzően és egységesen az „antropogén üledék” megnevezést használjuk. Települési környezetben az ún. tevékenységi körzetek definiálásához, illetve ezek térbeli lehatárolásához nem csak régészeti módszerek állnak rendelkezésünkre. A régészeti leletanyag térbeli szóródásának, elhelyezkedésének, mennyiségi és minőségi tulajdonságainak interpretációján kívül a szisztematikusan és kellő precizitással gyűjtött talaj-, illetve antropogén üledékminták természettudományos vizsgálata is alkalmas arra, hogy megismerjük egy-egy emberi közösség tevékenységének részleteit, térbeli kiterjedését. Hasonlóan a tárgyi emlékekhez a talajban kémiai, fizikai paraméterek, illetve növényi és állati maradványok formájában tárolódó információhordozók térbeli eloszlása az egykor élt kultúrák gazdasági életéről és mindennapjairól árulkodik.

Az ún. térhasználat-elemzés egy olyan tág elméleti keretet és módszertani repertoárt biztosít, amely magában foglal(hat)ja a lelőhelyen kívüli, a lelőhelyen belüli, illetve az objektumon belüli tevékenységi mintázatok vizsgálatát (is). Az objektumon belüli tevékenységek vizsgálatának tárgya elsősorban a települési kontextusban feltárt épületek, amelyek számos olyan hétköznapi, illetve nem hétköznapi tevékenységnek biztosítottak teret, amelyek megértése közelebb visz minket egy adott kultúra vagy emberi közösség gazdasági, szociális vagy akár rituális cselekedeteinek leírásához. Az objektumon belüli tevékenységi körzetek – azaz a régmúltban megvalósult tevékenységek nyomai – lehatárolása a régészeti leletanyag szóródásának megértésén alapul, ugyanakkor számos növénytanai módszert ismerünk, amelyeket széles körben alkalmazhatunk a térhasználati mintázatok felderítéséhez és megértéséhez. A kulturális antropológia, valamint az etnográfia vívmányainak és kísérleti eredményeinek módszertani beemelése mellett egy fontos természettudomány, a botanika, azon belül is a régészeti növénytan módszerei bizonyultak hasznosnak a hétköznapi emberi tevékenységek megértésében. A makro-archaeobotanikai leletanyag térbeli eloszlása tudatos emberi cselekvések meghatározására és lehatárolására alkalmas, ugyanakkor a mikro-archaeobotanikai maradványok azonos elvek szerinti felhasználását csak később kapcsolták be a térhasználat-elemzés tárgykörébe.

A hazai régészeti kutatás egyik sokat vitatott témaköre az ún. félig földbe mélyített épületobjektumok funkciómeghatározása (84. ábra). A hazánkban feltárt épületek használati körének meghatározása, illetve régészeti értelmezése jellemzően két nagy módszertani megközelítésre osztható fel. A feltárt épületek belsejéből előkerülő (használati) tárgyi emlékek iránymutató lehet az épület funkcionalitásának, használatának vonatkozásában, amennyiben az egyértelműen az épület működéséhez köthető, és nem másodlagosan – például hulladékként – került az épület gödrébe. A másik funkciómeghatározás az épületek építészeti, strukturális jellegzetességeiből indul ki, amelyhez az alaprajz, a méret, a tetőgerendát tartó ún. ágfák cölöplyukakból visszakövetkeztethető száma, egymáshoz viszonyított helyzete és elhelyezkedése szolgáltat alapot. A fent említett két módszertani megközelítés mellett – megfelelő kritériumok teljesülése esetén – a régészeti talaj- és növénytan módszereivel is hozzájárulhatunk az épületek funkciójának megismeréséhez. Az elmúlt években elindítottunk egy módszertani kísérlet- és vizsgálatsorozatot, amelynek célja, hogy az ilyen szemszögből eddig nem vizsgált, de a Kárpát-medence település- és háztartásrégészetében fontos, sok tekintetben kitüntetett szereppel bíró régészeti jelenségek antropogén üledékanyagát olyan természettudományos módszerekkel vizsgáljuk meg, amelyek kiegészíthetik az épületek belső terének használatával kapcsolatos tudásunkat.

A félig földbe mélyített épületek használatának megértéséhez elsősorban nem a keletkezésüket kell alaposan ismernünk, hanem azokat a lehetséges pusztulási folyamatokat szükséges definiálni, amelyek segítenek eldönteni, hogy a gödörbetöltés által megjelenített rétegek, illetve az azokban tárolódó fizikai, kémiai és botanikai „ujjlenyomat” az épület eredeti funkciójával összefüggésbe hozható-e. A másodlagos felhalmozódásnak minősülő maradványok és üledékösszletek nem alkalmasak arra, hogy összekapcsoljuk a vizsgálatukból fakadó eredményeket az épület használatával.

Ellentétben a felmenő falú épületekkel, a járószint alá lesüllyesztett padló, illetve maga a lakótér gödre sajátos mikrokörnyezeti állapotot hoz létre a félig földbe mélyített vagy sokszor csak veremháznak nevezett épületekben. A padlószinten megvalósuló emberi tevékenység hulladékanyaga csak természetes úton nem tud kikerülni az épület belső teréből még a bejárati nyíláson sem. Az épület belső terében megvalósuló tevékenység nyomán felhalmozódó *debris* anyag egy ún. aktivitási réteget hoz létre, amely ha eltemetődik – és ennek bizonyító értékű nyomára lelünk a gödörbetöltés rétegtani viszonyaiban –, akkor nagy biztonsággal köthetjük az abból a rétegből előkerült növényi maradványokat, illetve az abból a rétegből gyűjtött mintákon végzett talajtani laboratóriumi elemzések adatait az épület eredeti funkciójához.



104. ábra. Tárolófunkciót ellátó, félig földbe mélyített épületobjektum (föltetős tárológödör) rekonstrukciója a százhalombattai Matrica Múzeum és Régészeti Parkban

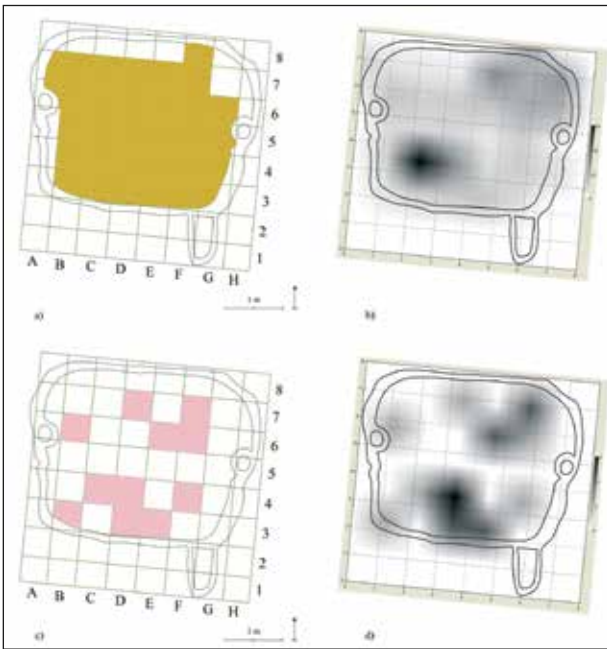
A makro-archaeobotanika tárgykörébe tartozó mag- és terméslemezés révén kimutathatók azok a növényi maradványok, amelyek feldolgozása, kezelése vagy éppen tárolása megvalósulhatott egy-egy épületben vagy épületrészben. Ebben a tekintetben az élelemellátás és ételkészítés szempontjából kiemelkedően fontos gabonák jelenléte, illetve maradványtípusainak megoszlása bír jelzőértékkel. Egy gabonátárolásra használt épület(rész) karpológiai anyagában az ép gabonaszemek lesznek nagy arányban jelen, míg egy gabonafeldolgozásra használt épület esetében a cséplésből származó törött szemek, illetve a cséplési hulladékot adó pelyvalevelek, toklászok és ún. gabonavillák. A gabonatermesztés technológiájáról, illetve a betermelt gabona-alapanyag tisztaságáról pedig a vizsgált épület mintáiból előkerülő gyomfajok mennyisége és aránya fog információval szolgálni. Az ételkészítést nemcsak geokémiai módszerek mutathatják ki, hanem a tűzhelyek vagy egyéb feltételezett időszakos tűzrakóhelyek környezetében felhalmozódó ételmaradványok eloszlása és összetétele is kijelölhet háztartási tevékenységeket.

A makro-archaeobotanikai anyag kiegészítője lehet az ún. fitolitelemzés. A növényi opálszemcsék vagy fitolitok jó indikátorai a különböző növényi részek felhalmozódásának. Segítségükkel elkülöníthető például a gabonák tisztítási hulladékán belül a vegetatív és generatív részek külön területen történő tárolása, deponálása; ugyanakkor segítségükkel adatokhoz juthatunk az épület kialakításában felhasznált (növényi) építőanyagokról is. A tetőfedésre használt nád a legritkább esetben jelenik a makro-archaeobotanikai anyagban, ugyanakkor jellegzetes levélfitolitjainak előkerülése a mikro-archaeobotanikai anyagban elárulhatja jelenlétét.

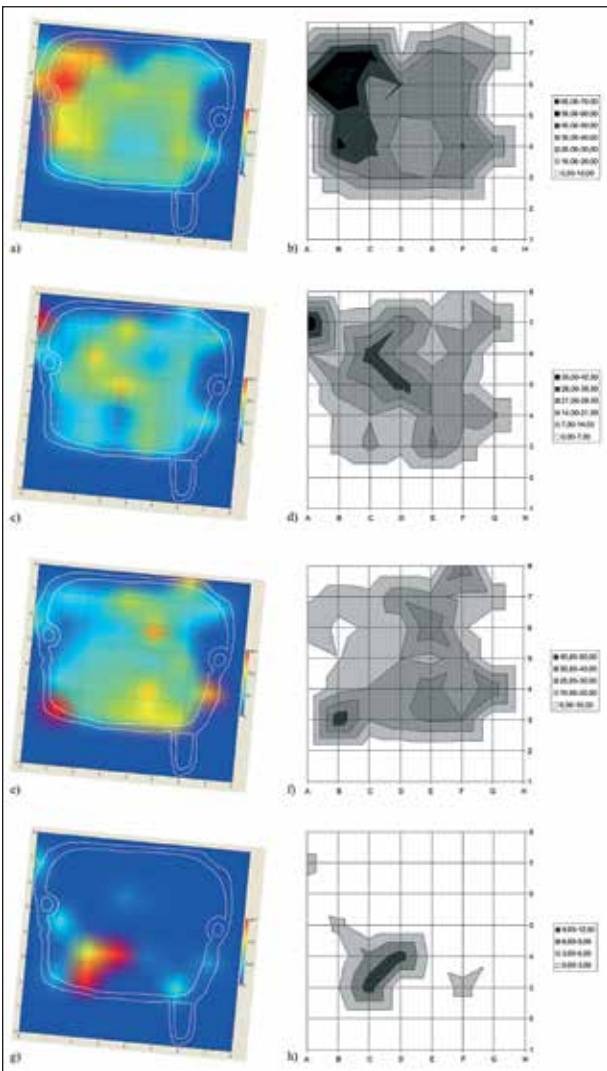
Az M1-es autópálya, a 83-as főút, valamint a Holt-Marcál által körbeölelt terület Győr-Ménfőcsanak-Széles-földek néven már régóta ismert a magyar régészeti kutatásban. A 129/4645-ös római kori bennszülött épületobjektum belső térhasználat-elemzéséhez mindösszesen 33 db 50 × 50 cm-es kvadrátban tudunk mintagyűjtést végezni. A mintákon fitolitelemzést, valamint mag- és terméslemezést is végeztünk.

A régészeti növénytani eredmények kimutatták, hogy az 129/4645-ös objektumban jelentős mennyiségben fordul elő gabonáktól származó maradványanyag. Egy-két kivételtől eltekintve gyakorlatilag minden vizsgált kvadrátban jelen voltak a gabonák (85. ábra a), így ha csak a megjelenésüket vesszük alapul, akkor egyöntetű eloszlásról beszélhetünk. Ugyanakkor a jelenét/hiány megítélésén túl fontosabb szerepe van az egyes kvadrátokban mért dominanciaviszonyoknak, amely alapján a gabonamaradványok eloszlása is árnyaltabb képet ad az épület belső térhasználatáról (85. ábra b). A gabonamaradványok által közvetített információtartalom további árnyalására alkalmas a megjelenő gyomok értékelése. Az épület gyomflórájának faji összetétele alapján egyértelmű, hogy azok a gabonaanyag velejárójaként jelennek meg az objektumban, azaz a betakarítással együtt kerülhettek be a településre a szántóföldekről; előfordulásuk ugyanakkor sporadikus, jól kivehető szabályszerűséget nem követ.

Az eloszlásmintázatokon túl fontos információhordozó a gabonaszortiment is, azaz hogy milyen gabonafajok felhasználására utalnak a meghatározott maradványok. A 129/4645-ös objektum esetében főként árpa, köles és csupasz búzák kerültek elő. Az ősbibb pelyvás búzafajok (pl. alakor, tönke, tönköly) csak



105. ábra. A 129/4645-ös épületobjektum belső terében végzett régészeti növénytani elemzések során nyert gabona- és gyomeloszlási adatok fedvényei. a) Gabonák megjelenése, b) gabonák súlyozott eloszlása, c) gyomok megjelenése, d) gyomok súlyozott eloszlása



kis mennyiségben képviseltették magukat. Mindez részben azt is alátámasztja, hogy a római korra a növénytermesztés változásokon esett át, előtérbe kerültek a csupasz búzák (kenyérbúza, törpebúza), és visszaszorultak az ősi pelyvás fajok. Ugyanakkor a köles nem tipikusan római, hanem római kori barbár növénytermesztési szokásokra utal, amelynek gyökereit a vaskorban kell keresnünk.

A fitolitvizsgálat során fény derült arra, hogy a 127/5111-es objektum anyagában – a természetes környezeti viszonyoktól jelentősen eltérő módon – nagy mennyiségben található meg a gabonákat jelölő növényi opálszemcsék (86. ábra). Magas koncentrációjuk egyértelműen a gabonák helyben való tárolására, felhalmozására és/vagy kezelésére utal. Mennyiségi szempontból a fitolitvizsgálati adatok összecsengetek a makro-archaeobotanikai elemzés során találtakkal, ugyanakkor minőségi szempontból fontos különbség mutatkozott. Míg a gabona növénycsoportban csupán 1 db villa árulkodik a gabonák csépléséből származó gabonatisztítási hulladékról, addig a nagyarányú *elongate dendritic LC* koncentráció egyértelműen a szemterméseket körülölelő toklászok, illetve pelyvavelek indikátorai.

A fenti összefoglalás a szerzők alábbi cikke(i) alapján készült:

Pető Á., Kenéz Á., Baklanov Sz., Ilon G. (2012) Integrált archaeobotanikai vizsgálatokra alapozott objektumon belüli térhasználat-elemzés: Módszertani esettanulmány Győr–Ménfőcsanak–Széles-földek lelőhelyről. *Archeometriai Műhely* IX (3), 173–204.

Pető Á., Kenéz Á., Csabainé Prunner A., Lisztes-Szabó Zs. (2015) Activity area analysis of a Roman period semi-subterranean building by means of integrated archaeobotanical and geoarchaeological data. *Vegetation History and Archaeobotany* 24 (1), 101–120.

Pető Á., Kenéz Á. (2015) Régészeti talajtani és növénytani módszerek a térhasználat-elemzés szolgálatában. *Magyar Régészet* 2015 Tél, 1–14.

106. ábra. A 129/4645-ös épületobjektum belső terében végzett fitolitelemzés során nyert adatok eloszlásfedvényei. a) és b) rondel SC; c) és d) *elongate dendritic LC*; e) és f) *elongate smooth psilate LC*; g) és h) bulliformok. Az a/b és c/d fedvények a gabonák tisztítási hulladékából a fellevelek, azaz a pelyva és toklász indikátorai, míg az e/f és g/h fedvények a gabonák szárának és levelének indikátorai

FELHASZNÁLT ÉS AJÁNLOTT IRODALOM

- Adams R. E. W. (1975) Stratigraphy. In: Hester T. R., Heizer R. F., Graham J. A. (eds): *Field methods in Archaeology*. California, 147–162.
- Aleksandrovsii A. L. (1996) Natural Environment as Seen in Soil. *Eurasian Soil Science* 29 (3), 245–254.
- Aleksandrovsii A. L. (1997) Soils and palaeosols of burial mound near the Novo Svobodnaya settlement (North Caucasus): trends and rates of pedogenesis. *Proceedings of Palaeopedology Working Meeting*, 9.
- Aleksandrovsii A. L. (2000) Holocene development of soils in response to environmental changes: the Novosvobodnaya archaeological site, North Caucasus. *Catena* 41, 237–248.
- Aleksandrovsii A. L., Plicht J., Khokhlova O. S. (2000) Abrupt Climatic Change in the Dry Steppe of the Northern Caucasus, Russia, in the Third Millennium BC. *GeoLines* 11, 64–66.
- Aleksandrovsii A. L., Sedov S. N., Golyeva A. A. (1999) Trends and rates of holocene soil evolution in the North Caucasian Piedmont. *Chinese Science Bulletin* 44, 193–199.
- Barker G., Gamble C. (1985) *Beyond Domestication in Prehistoric Europe. Investigations in Subsistence Archaeology and Social Complexity*. Academic Press, London.
- Birkeland P. W. (1999) *Soils and Geomorphology*. Oxford University Press.
- Birks H. J. B., Birks H. H. (1980) *Quaternary Palaeoecology Principles and methods of pollen analysis*. Edward Arnold, London.
- Birks H. J. B., Gordon A. D. (1985) *Numerical Methods in Quaternary Pollen Analysis*. Academic Press, London.
- Böloni J., Molnár Zs., Kun A. (szerk.) (2011) *Magyarország Élőhelyei. Vegetációtípusok leírása és határozója – Á-NÉR 2011*. Vácrátót.
- Bradley R. S., Jones P. D. (1992) Climatic variations over the last 500 years. In: Bradley R. S., Jones P. D. (eds) *Climate Science A. D. 1500*. Routledge.
- Butzer K. W. (1971) *Environment and Archaeology. An Introduction to Pleistocene Geography*. Chicago.
- Chabal L., Fabre L., Terral J. F., Théry-Parisot I. (1999) L'anthracologie. In: Bourquin-Mignot C., Brochier J. E., Chabal L., Crozat S., Fabre L., Guibal F., Marinval P., Richard H., Terral J. F., Théry I. (eds) *La botanique*. Paris, France, 43–104.
- Darwin C. R. (1859) *On the Origin of Species*. Murray, London.
- de Candolle A. (1894) *Termesztett növényeink eredete*. Budapest.
- Dodd J. R., Stanton Jr. R. J. (1990) *Paleoecology. Concepts and Applications*. Wiley, New York.
- Douglass A. E. (1921) Dating our prehistoric ruins. *Natural History* 21 (1), 27–30.
- Edman G., Söderberg E. (1929) Auffindung von Reis in einer Tonscherbe aus einer etwas fünftausendjährigen Chinesischen Siedlung. *Bulletin of the Geological Society of China* 8, 363–365.
- Fekete G. (1981) A növényi populációk. In: Hortobágyi T., Simon T. (szerk.) *Növényföldrajz, társulástan és ökológia*. Budapest, 546.
- Fekete G. (2008) *Száz éve született Zólyomi Bálint*. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót.
- Finnern H. (ed.) (1994) *Pedological mapping manual* 4. Verbesserte und erweiterte Auflage, Hannover.
- Gaál L. (1978) *A magyar növénytermesztés múltja*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Holly L. (2000) A kultúrnövény diverzitás megőrzésének lehetőségei. In: Gyulai F. (szerk.) *Az agrobiodiverzitás megőrzése és hasznosítása*. Tápiószele, 39–43.
- Írásné Melis K. (1973) A budavári Dísz tér 8. sz. telken feltárt kút leletei. *Budapest Régiségei* 23, 195–209.
- Jacomet S., Kreuz A. (1999) *Archäobotanik*. Ulmer, Stuttgart.
- Jakab G., Sümegi P. (2011) *Negyedidőszaki makrobotanika*. GeoLitera, SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, Szeged.

- Jerem E., Poroszlai I. (1999) Archaeology of the Bronze and Iron Age – Environmental Archaeology, Experimental Archaeology, Archaeological Parks. *Proceedings of the International Archaeological Conference*, Százhalombatta, 3–7 October, 1996. Archaeolingua, Budapest.
- Kapás S. (1997) *Növényfajták és növénynevelők*. Budapest.
- Király G. (szerk.) (2009) Új magyar fűvészkönyv – Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatósága, Jósvalfő.
- Király G., Molnár Zs., Bölöni J., Vojtkó A. (szerk.) (2008) *Magyarország földrajzi kistájainak növényzete*. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót.
- Király G., Virók V., Molnár V. A. (szerk.) (2011) Új magyar fűvészkönyv – Magyarország hajtásos növényei. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatósága, Jósvalfő.
- Lamb H. H. (1992) *Climate, History and the Modern World*. Routledge, London.
- Lindau G. (1917) Növényi maradványok a tószegi Laposhalom őskori leleteiben. *Archaeológiai Értesítő* 37.
- Lippay Gy. (1664) *Posoni kert*. Poson.
- Lyell C. (1863) *Geological Evidences of the Antiquity of Man*. London.
- Magyar E. (1983) *A feudalizmus kori erdőgazdálkodás az alsó-magyarországi bányavárosokban (1255–1747)*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Mándy Gy. (1972) *Hogyan jöttek létre kultúrnövényeink?* Budapest.
- Neef R., Cappers R. T. J., Bekker R. M. (2012) *Digital Atlas of Economic Plants in Archaeology*. Groningen Archaeological Studies 17. Barkhuis–Eelde/Groningen University Library.
- Pinke Gy., Pál R. (2005) *Gyomnövényeink eredete, termőhelye és védelme*. Alexandra, Budapest.
- Rapaics R. (1940) *A magyar gyümölcs*. Budapest.
- Renfrew C., Bahn P. (1999) *Régészet. Elmélet, módszer, gyakorlat*. Budapest.
- R. Várkonyi Á. (1992) *Történeti ökológia és a művelődés története*. Magyar Tudomány 1992 (11), 1296–1309.
- R. Várkonyi Á. (1993) Történeti ökológia és a művelődés története. In: R. Várkonyi Á., Kósa L. (szerk.) *Európa híres kertje*. Budapest, 258–279.
- R. Várkonyi Á. (1998) Történeti ökológia. In: Bertényi I. (szerk.) *A történelem segédtudományai*. Budapest.
- Somlyay L. (1999) A botanikai kutatás centrumai és vezető botanikusaink az 1930-as évek után. In: Kollega T. (szerk.) *Magyarország a XX. században* IV. Tudomány 1. Műszaki és természettudományok. Babits Kiadó, Szekszárd, 486–487.
- Standovár T., Primack R. B. (2001) *A természetvédelmi biológia alapjai*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Stefanovits P., Filep Gy., Füleky Gy. (1999) *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Sümei P. (2001) *A negyedidőszak földtanának és ökoszisztémájának alapjai*. JATEPress Kiadó, Szeged.
- Sümei P. (2002): *A régészeti geológia és történeti ökológia alapjai*. JATEPress Kiadó, Szeged.
- Sümei P. (2005) *Loess and Upper Paleolithic Environment in Hungary. An introduction to the Environmental History of Hungary*. AUREA Kiadó, Nagykovácsi.
- Töröcsik T., Náfrádi K., Sümei P. (szerk.) (2015) *Komplex archaeobotanika*. GeoLitera, SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, Szeged.
- Tutin T., Heywood V., Burges A., Valentine D. (eds) (1968–1980) *Flora Europea I–V*. Cambridge University Press, UK.
- Vavilov N. I. (1928) *Geographische Genzentren unserer Kulturpflanzen*.
- Vavilov N. I. (1934) *A termesztett növények eredete*. TTK 66.
- Vavilov N. I. (1950) The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. *Chronica Botanica* 13 (1/6), 366.

- Vértes L. (1965) Az őskőkor és az átmeneti kőkor emlékei Magyarországon. *A Magyar Régészet Kézikönyve* I. Budapest.
- Willis K. J. (1997) The Impact of Early Agriculture upon the Hungarian Landscape In: Chapman J., Dolukhanov P. (eds) *Landscape in Flux. Central and Eastern Europe in Antiquity*. Oxford, 193–207.
- Zohary D., Hopf M. (1988) *Domestication of Plants in the Old World*. Clarendon Press, Oxford.
- Zohary D., Hopf M., Weiss E. (2012) *Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin*. Oxford University Press.
- Zólyomi B. (1936) Tízezer év története virágporszemekben. *Természettudományi Közlemények* 68, 504–515.
- Zólyomi B. (1952) Magyarország növénytakarójának fejlődéstörténete az utolsó jégkortól. *MTA Biológiai Osztály Közleményei* 14, 491–543.
- Zólyomi B. (1989) Természetes növénytakaró, 1:500.000. In: Pécsi M. (szerk.) *Magyarország nemzeti atlasza*. Kartográfiai Vállalat, Budapest. digitális verzió: <http://www.novenyzetiterkep.hu/node/684> [2018.06.28.]

A FELHASZNÁLT ÁBRÁK FORRÁSAI

BEVEZETÉS

1. ábra. A régészeti növénytan és a növénytan elméleti kapcsolatrendszere. Az infografikát készítette: Pető Ákos.
2. ábra. A régészeti növénytan felosztása a vizsgálat tárgyának szempontjából. Forrás: Pető Á. (2011) A fitolitkutató mint a régészeti növénytan kutatások egyik eszköze az ember-növény kapcsolatok feltárásában. In: Kázmér M. (szerk.) Környezettörténet 2.: Környezeti események a honfoglalástól napjainkig történeti és természettudományi források tükrében. Hantken Kiadó, Budapest, 265–281.; 2. ábra; 268.
3. ábra. Az integrált archaeobotanikai megközelítésmód elvi struktúrája. Az infografikát készítette: Pető Ákos.

I. FEJEZET

4. ábra. Szenült megtartású gabonamaradványok Százhalombatta 6285. számú objektumának feltárásából. 1. Közönséges árpa (*Hordeum vulgare* L. subsp. *polystichum*), 2. akkor (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*), 3. tönke (*T. turgidum* L. subsp. *dicoccum* (Schrank) Thell.), tönköly (*T. aestivum* L. subsp. *spelta*), 5. közönséges vagy vetési búza (*T. cf. aestivum* L. subsp. *aestivum*); 6. búza jellegű (*Triticoid*) szemtermés. A mikroszkópi felvételeket készítette: Kenéz Árpád.
5. ábra. Vizes megtartású görögdiinyemagok (bf) és mogyoró termésmaradványok (jf) Sárospatak, ágyúöntő műhely lelőhelyről, valamint deformálódott, vízhatására konzerválódott faanyag mikroszkópi képe (a). A mikroszkópi felvételeket készítette: Kenéz Árpád és Saláta Dénes.
6. ábra. Kiszáradt tésztamaradványok (A – 1-5., B) és kásátöredék Astana Cemeteries (Kína) lelőhelyről. Ábrák forrása: Chen et al. 2012., Figure 2. <http://journals.plos.org/plosone/article/figure/image?size=large&id=info:doi/10.1371/journal.pone.0045137.g002>. Publikáció forrása: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0045137#pone-0045137-g002>
7. ábra. Vác-Piac utca lelőhelyről előkerült vaskorróziós megtartású gyümölcsfajok maradványai. 1. sós-kaborbolya (*Berberis vulgaris* L.), 2. veresgyűrű som (*Cornus cf. sanguinea* L.), 3. füge (*Ficus carica* L.), 4. nemes alma (*Malus domestica* Borkh.), 5. cseresznyeszilva (*Prunus cf. cerasifera* Ehrh.), 6. sajt- vagy törökmeggy (*Prunus mahaleb* Mill.), 7. hamvas szeder (*Rubus caesius* L.), 8. málna (*Rubus idaeus* L.). Lépték = 2 mm. Forrás: Kenéz Á., Pető Á., Grynaeus A. (2016) p. 422, 10.18. ábra részlete. A mikroszkópi felvételeket készítette: Kenéz Árpád.
8. ábra. Vác-Piac utca lelőhelyen feltárt középkori ciszternából előkerült állatvakaró szerszám és a felületéhez korrodálódott kerti szőlő magvai és faszéntöredékek. Forrás: Kenéz Á., Pető Á., Grynaeus A. (2016) p. 387, 10.2. ábra. A felvételt készítette: Bicskei József, Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ.
9. ábra. Vác-Piac utca lelőhelyen feltárt középkori ciszternából előkerült mineralizálódott szőlőmag endospermiumok (ún. koponyásodott magok), illetve muslica (*Drosophyla* sp.) maradványok. Forrás: Kenéz Á., Pető Á., Grynaeus A. (2016) p. 407., 10.7. ábra részlete, p. 386., 10.1. ábra. A mikroszkópi felvételeket készítette: Kenéz Árpád.
10. ábra. Vizes megtartású levélmaradványok Pócspetri határából. A felvételt készítette: Bicskei József, Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ.
11. ábra. Lopótök (*Lagenaria siceraria* ([Molina] Standl.) héjának vizes megtartású maradványa Pócspetri határából. Forrás: Pető Á., Kenéz Á., Lisztes-Szabó Zs., Sramkó G., Laczkó L., Molnár M., Bóka G. (2017) nyomán módosítva. A felvételt készítette: Bicskei József, Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ.

12. ábra. Az Egyiptomi Gyűjtemény két gabonamúmiájának egyike. Sólyomfejű szarkofággal és Osiris maszkkal látták el, belsejében több száz kicsírázott árpaszem található. A felvételeket készítette: Szesztay Csanád, Szépművészeti Múzeum.
13. ábra. Szikkadás hatására konzerválódott kétsoros árpaszemek a Szépművészeti Múzeum gabonamúmiájának belsejéből. A speciális eljárás és a száraz, meleg klíma hatására még a finom, hajszálvékony gyököcskék és csirakezdemények is megmaradtak. A felvételeket készítette: Bicskei József, Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ.
14. ábra. a) Gépesített sekély földtani fúrás egy nyírségi üledékgyűjtőben, illetve egy feltárt magminta habitusképe. A felvételeket készítette: Baklanov Szandra, Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ. b) Fúrótorony összeállítása a Mohos tőzegmohalápon, illetve a Mohos tőzegmohalápon mélyített fúrás által felszínre került fúrásmag, tőzeg-tavi üledékátmenettel (Csomád-hegység, Keleti-Kárpátok). A felvételeket készítette: Lisztes-Szabó Zsuzsa és Braun Mihály, Magyar Tudományos Akadémia, Atommagkutató Intézet, Izotóp Klimatológiai és Környezetkutató Központ.
15. ábra. Kézi kanálfúró alkalmazása Előzetes Régészeti Dokumentációhoz (ERD) az adott terület régészeti talajtani viszonyainak és a lehetséges kultúrrejtegeinek feltérképezéséhez. A felvételt készítette: Fullár Zoltán, Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ.
16. ábra. Közvetlen mintavétel egy kemence környezetéből. A felvételt készítette: Kenéz Árpád.
17. ábra. Metszetre bontást követő, vertikális (stratigráfiai) szempontok szerinti mintavételezés előkészületei. A felvételt készítette: Pető Ákos.
18. ábra. Félig földbemélyített épületobjektumok (veremházak) egykori járósíntje teljes megmintázásának elvi vázlata (raszteres mintázás). Forrás: Pető Á., Kenéz Á., Baklanov Sz., Ilon G., Füleky Gy. (2012) 2. ábra.
19. ábra. Dunaszentgyörgy RM20 lelőhelyen feltárt, leletekben gazdag sírból gyűjtött talajminta helye a csontváz medencéjének környékéről (piros karika). Forrás: Kenéz Á., Pető Á. (2015) p. 703, 1/2. ábra.
20. ábra. Vizes megtartású lelőhelyről (Nyíregyháza–Vásárosnamény M3 elkerülő 212.) származó kerámia betöltésének egészben történt eltávolítása. A felvételt készítette: Péter-Hóbor Szabina, Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ
21. ábra. Példák edénybetöltések szisztematikus mintázására, ami a növényi maradványok mélységi szintenkénti eloszlásvizsgálatát is lehetővé teszi. Az infografikát készítette: Kenéz Árpád.
22. ábra. Példák a terepi mintavételekhez szükséges eszközökre. 1. erős fémkoffer, 2. körhoroló, 3. zsebkések, 4. spaklik, 5. spatulák, 6. ecset, 7. különböző méretű simítózáras tasakok, 8. erős szerszámos láda, 9. csavaros tetejű flakonok, 10. papírtasakok, 11. szeneslapát, 12. colostok, 13. mérőszalag, 14. tollak, filctollak. A felvételt készítette: Kenéz Árpád.
23. ábra. A flotálóberendezés felépítése és a flotálás elve. Az infografikát készítette: Kenéz Árpád.
24. ábra. A nedves szitáláshoz szükséges szitasorozatot tartó állvány, valamint a szitálás egy mozzanata terepi körülmények között. A felvételt készítette: Kenéz Árpád.
25. ábra. A kombinált feltárás sematikus technológiai ábrája (A – öntözőcső, B – talajminta, C – könnyű frakció a szitán). A rajzot Kenward et al. (1980) Fig. 7. nyomán készítette: Kenéz Árpád.
26. ábra. A makro-archaeobotanikai maradványok lehetséges feltárási módszereinek elvi összehasonlítása. Az infografikát készítette: Kenéz Árpád.
27. ábra. A kiiszapolt minták szárítása szitán terepen. A felvételt készítette: Kenéz Árpád.
28. ábra. A fő anatómiai irányok vörösfenyő törzskorongján. A felvételt készítette: Saláta Dénes.
29. ábra. Vizes körülmények között konzerválódott faanyag előkészítetlen, illetve mikroszkópos vizsgálatra, dendrokronológiai adatbevitelre borotvapengével előkészített felszíne. A felvételt készítette: Saláta Dénes.

30. ábra. A mikroszkópi válogatáshoz szükséges egyes laboreszközök. 1. Műanyag kémcsövek a növényi maradványok tárolásához, 2. nagyító, 3. üvegtölcsér, 4. recens növényi részek az összehasonlító vizsgálatokhoz, 5. kisméretű főző- vagy mérőpoharak az alminták készítéséhez, 6. vonalzó, 7. ecset, 8. pálcika, 9. Petri-csésze, 10. milliméterpapír, 11. különböző keménységű csipeszek, 12. centrifugacsövek a növényi részek tárolásához. A felvételt készítette: Kenéz Árpád.
31. ábra. A válogatás során célszerű csak a Petri-csésze felét megtölteni a válogatandó talajmintával, így a szabad részekre húzhatjuk át a már átnézett anyagot. A felvételt készítette: Kenéz Árpád.
32. ábra. Stefanie Jacomet svájci archaeobotanikus és munkatársai által elkészített, gabonamaradványokra vonatkozó részletes határozókulcs egy lapja (Jacomet et al. 2006). Forrása: <http://arkeobotanika.pbworks.com/f/jacomet%20cereal%20ID.pdf>
33. ábra. A pelyvás búzafajok egy kalászkájának felépítése. Jól látható a villa (a pelyvaalapok és a kalászorsó egy darabkájának együttese). A pelyvás búzák esetében legfeljebb két szemtermés alakul ki egy kalászkában. Forrás: Jacomet et al. (2006) nyomán módosította Kenéz Árpád.
34. ábra. A csupasz búzák egy kalászkájának felépítése. Látható, hogy nincs villa, továbbá egy kalászkában több szemtermés is található. Az infografika készítője: Kenéz Árpád.
35. ábra. A pelyvás búzák villáján mérhető morfológiai paraméterek bemutatása. Az infografika készítője: Kenéz Árpád.
36. ábra. A pelyvás búzák villáján megfigyelt tulajdonságok. A: A pelyvaalapok alakja, B: a pelyvalapon található elülső (primer) és hátsó (szekunder) bordák (és árkok) íveltsége, kiindulási pontja, C: a törési heg alakja, kiterjedése. Az infografika készítője: Kenéz Árpád.
37. ábra. A pelyvás búzák cséplésének és tisztításának folyamataiban keletkező termékek és melléktermékek modellje. Az infografika készítője: Kenéz Árpád.
38. ábra. A csupasz búzák cséplésének és tisztításának folyamataiban keletkező termékek és melléktermékek. Látható, hogy pelyvás búzához képest egy folyamattal kevesebb szükséges a csupasz szem eléréséhez. Az infografika készítője: Kenéz Árpád.
39. ábra. A köles- és a muharfajok szemterméseinek elkülönítéséhez használható sematikus ábra. a) Köles – a kitört csírapajzs helye egyharmada/negyede a szemtermésnek, amelynek alakja kerekded, elliptikus. b) Zöld/ragadós muhar – a kitört csírapajzs hossza nagyobb, mint a szemtermés fele, a termés alakja keskenyebb, mint a kölesé és az olaszmuharé. Méretében is kisebb ezeknél a fajknál. c) Fakó muhar – a kitört csíra alapján nem különíthető el a többi muhartól, de a jellegzetes háti toklász gyakran rajtamarad a szemtermésen. d) Olaszmuhar – a kitört csírapajzs mérete és alakja alapján nem különíthető el egyértelműen a többi muharfajtól, de többnyire azoknál nagyobb, kerekdedebb, és testesebb szemtermése van. Az infografika készítője: Kenéz Árpád.
40. ábra. Különböző pelyvás búzafajok villáinak összehasonlító táblója. A mikroszkópi felvételeket készítette: Kenéz Árpád.
41. ábra. 1. Ép szőlőmag a vékony hártyszerű külső maghéjjal, 2. háti oldal (S = csőr, F = csatorna, CHP = chalaza- avagy csírapajzs), 3. csak fásodó, kemény maghéjjal rendelkező szőlőmag hasi oldala, 4. a fásodó maghéj elbomlása után visszamaradó endospermium. Az infografika készítője: Kenéz Árpád.
42. ábra. Magokat tartalmazó bogyómaradványok a Dunaszentgyörgy melletti Dunaszentgyörgy-Kaszás-tanya lelőhelyről, valamint egy bogyókocsány; Lk = a talajminta leletkísérő száma, lépték = 5 mm. Forrás: Kenéz Á., Pető Á. (2015) p. 703., 1/4. ábra. A mikroszkópi felvételeket készítette: Kenéz Árpád.
43. ábra. Szőlőmagleletek a Dunaszentgyörgy melletti Dunaszentgyörgy-Kaszás-tanya lelőhelyről. Lk. = a talajminta leletkísérő száma, lépték = 2 mm. Forrás: Kenéz Á., Pető Á. (2015) p. 705., 3. ábra. A mikroszkópi felvételeket készítette: Kenéz Árpád.
44. ábra. A nyitvatermők, gyűrűslikacsú és szórt likacsú lombos fákra jellemző makroszkópos keresztmetszeti képek. Forrás: Schoch W. – Heller I. – Schweingruber F.H. – Kienast F. (2004) nyomán módosítva. www.woodanatomy.ch
45. ábra. Élő fából vett minta, kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* Liebl.) csiszolással kialakított keresztmetszeti felülete. A felvételt készítette: Saláta Dénes.

46. ábra. Szenült faanyag, kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* Liebl.) töréssel kialakított keresztmetszeti felülete. A felvételt készítette: Saláta Dénes.
47. ábra. Fémes megtartású faanyag, valamely tölgyfaj (*Quercus* sp.) roncsolódott keresztmetszeti felülete. A felvételt készítette: Saláta Dénes.
48. ábra. Vízben konzerválódott faanyag, kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) borotvapengével kialakított keresztmetszeti felülete. A felvételt készítette: Saláta Dénes.
49. ábra. Feketefenyő (nyitvatermő), szelídgesztenye (gyűrűslikacsú) és bükk (szórt likacsú) keresztmetszete. Forrás: Schoch W. – Heller I. – Schweingruber F. H. – Kienast F. (2004) nyomán módosítva. www.woodanatomy.ch
50. ábra. Kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.) törzsének és hajtásának keresztmetszete. Forrás: Schoch W. – Heller I. – Schweingruber F. H. – Kienast F. (2004) nyomán módosítva. www.woodanatomy.ch
51. ábra. Gabonából készült különböző kásátöredékek (1–4.) és kelesztett kenyérdarabkák (5–9.). A felvételt készítette: Kenéz Árpád.
52. ábra. Ételmaradvány kozmás foltja fazéktöredéken, Budapest, Albertfalva, Harangedény-kultúra, Csepel-csoport. A felvételt készítette: Endrődi Anna, Budapesti Történeti Múzeum.
53. ábra. Keszthely-Fenekpuszta késő római erődjéből előkerült szenült tésztafélék. 1–2. Kelesztett kenyér, 3. lepénykenyér, 4. kölesszemek hozzáadásával készült darakása, 5. kása, 6–7. sütemény. 1–2. Kelesztett kenyér, 3. lepénykenyér, 4. kölesszemek hozzáadásával készült darakása, 5. kása, 6–7. sütemény. Forrás: Gyulai F., Kenéz Á., Pető Á. (2013) p. 644., Fig. 8. részlet.
54. ábra. Edelény-Borsodi földvár lelőhelyen feltárt honfoglalás kori kerámia *in situ* ételmaradvánnyal. Forrás: Wolf Mária archív felvétel.
55. ábra. Budapest-Kunigunda utca 39. lelőhely kora római égetéses sírban megtalált korsónyak *in situ* bormaradvánnyal. A felvételt készítette: Endrődi Anna, Budapesti Történeti Múzeum.

II. FEJEZET

56. ábra. a) A talajban előforduló Si formák osztályozása (Sauer et al. 2006 nyomán módosítva) és (b) a talaj biológiai eredetű mikromaradványainak morfogenetikus felosztása. Forrás: a) Golyeva, A. A. (2001a) nyomán módosítva, b) Sauer D., Saccone L., Conley D. J., Herrmann L., Sommer M. (2006) nyomán módosítva)
57. ábra. A fitolit- és pollenelemzés módszertani és értelmezési keretének összehasonlítása. Az infografika készítője: Pető Ákos.
58. ábra. Atlantischer Passatstaub c. színes rézmetszet a *Mikrogeologie* című monográfiából. Az egyes részecskék metszetei, mint mindig mindig, 300×-os nagyítás mellett készültek, és sok egyéb phytolitharia mellett tartalmazzák a Zöld-foki-szigeteken gyűjtött porból feltárt növényi opálszemcséket is (v.ö. IV. sz. jobb felső körcikk). Forrás: <http://photos1.blogger.com/blogger/1717/1584/1600/Atlantischer%20Passatstaub.0.jpg>
59. ábra. Egy oroszországi talajszelvény ásványtani elemzése közben talált növényi opálszemcsék, szivacsüstöske (balról a második) és diatomaváz (balszélső) vonalrajzai. Forrás: Yarilova, E. A. (1956) nyomán módosítva.
60. ábra. Twiss et al. fitolitosztályozási rendszerének bizonyos elemei. 1. a–h. Poid/Festicoid morfotípus-sorozat; 2. a–c. Chloridoid morfotípus-sorozat, 3. a–l. Panicoid morfotípus-sorozat, 4. a–j. nyújtott morfotípus-sorozat, 5. a–i. legyező alakú (bulliform sejtek) morfotípus-sorozat; 6. a–i. hegyes (trichoma sejtek) morfotípus-sorozat. Forrás: Twiss P. C., Suess E., Smith R. M. (1969) nyomán módosítva.
61. ábra. Réti perje (*Poa pratensis* – Poaceae) levél epidermiszének fitolitjai. a) Az epidermisz hosszú sejteiből ábrázódó fitolitok. b) Az epidermisz rövid sejteiből ábrázódó fitolitok. A vízszintes vonal 10 µm-t jelent. Forrás: Lisztes-Szabó Zs., Kovács Sz., Balogh P., Daróczi L., Penksza K., Pető Á. (2015) 2–4. ábra (részlet).

62. ábra. A tracheida sejtlumen kovával történő telítődése (tracheida eredetű fitolit formálódása) lucfenyő (*Picea abies*) tűlevelének transzfúziós szövetében. Pásztázó elektronmikroszkópos felvételek tűlevelél hosszmetsetéről. A) B) C) Különböző mennyiségű kovát ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) halmozó tracheidák. D) Kovával telítődött tracheida, azaz jellegzetes formájú fitolit. A mikroszkópi képeket készítette: Lisztes-Szabó Zsuzsa és Csík Attila, Magyar Tudományos Akadémia, Atommagkutató Intézet.
63. ábra. Fitolitok depozíciójának és tafonómiájának elvi vázlata. Forrás: Dodd J. R., Stanton Jr. R. J. (1990) p. 502. és Osterrieth M. L., Madella M., Zurro D., Fernanda Alvarez M. (2009) nyomán módosítva. vázlata. Forrás: Dodd J. R., Stanton Jr. R. J. (1990) p. 502. és Osterrieth M. L., Madella M., Zurro D., Fernanda Alvarez M. (2009) nyomán módosítva.
64. ábra. Fitolitok fennmaradásának és tafonómiájának elvi vázlata. Az ábrát készítette: Pető Ákos.
65. ábra. a) Pollenterjedés és lerakódás erdős területeken. Forrás: Járainé Komlódi (1997) alapján módosítva. b) Jégkori tavak (Latoritei tó a Páring-hegységben, Déli Kárpátok) és c) tőzegmohalápok (Mohos-tőzegláp a Csomád-hegységben, Keleti-Kárpátok) üledékének sokrétű (multi-proxy) vizsgálatával számos információt nyerhetünk a negyedidőszaki klimatikus változásokról. A felvételeket készítette: Lisztes-Szabó Zsuzsa.
66. ábra. Egy avar kori szemetesgödör metszetalán végzett függőleges mintázás mintavételi pontjai. Forrás: Pető Á., Herendi O. (2012) p. 436., 3. ábra nyomán módosítva.
67. ábra. Avar kori épületobjektum padlóján végzett horizontális, nem szisztematikus mintázás mintavételi pontjai. Forrás: Pető Á., Herendi O. (2012) p. 437., 4. és 5. ábra nyomán módosítva.
68. ábra. A horizontális mintavételi protokollok összehasonlítása: teljes mintavétel, véletlenszerű részleges mintavétel, szisztematikus részleges mintavétel. a) Teljes mintavétel (Total Sampling), b) véletlenszerű részleges mintavétel (50%) (Partial Random Sampling), c) szisztematikus részleges mintavétel (50%) (Partial Non-random Sampling). Forrás: Pető Á. (2011b) p. 271., 4. ábra nyomán módosítva.
69. ábra. Egy őrlőkö mikro-archaeobotanikai célú feltárása ultrahangos depurátorral. A felvételt készítette: Kenéz Árpád.
70. ábra. Az antropológiai maradványok mikro-archaeobotanikai célú mintázásának egyik leggyakoribb tárgya a fogkö. Sóly, refomátus templom. Antropológiai feldolgozás: László Orsolya, Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat. A felvételt készítette: Kenéz Pál.
71. ábra. Példák a fitolitok alakjának leírására az International Code for Phytolith Nomenclature 1.0 alapján. Forrás: Madella, M., Alexandre, A., Ball, T. (2005) nyomán módosítva.
72. ábra. Példák a fitolitok mintázatának leírására az International Code for Phytolith Nomenclature 1.0 alapján. a)–m) 2D-s deskriptorok: a)–m) 2D-s deskriptorok: a) elongate, b) polylobate, c) bilobate, d) quadra-lobate, e) fusiform, f) lanceolate, g) oblong, h) orbicular, i) ovate, j) unciform, k) stellate, l) rectangle, m) square, 1)–15) textúra és mintázottsági deskriptorok: 1) reticulate, 2) rugulate, 3) scrobiculate, 4) spiralling, 5) striate, 6) sulcate, 7) catelate, 8) cavate, 9) ruminant, 10) sinuate, 11) columellate, 12) corniculate, 13) crenate, 14) echinate, 15) dendriform/dendritic. Az infografikát Madella, M., Alexandre A., Ball, T. (2005) nyomán Pető Ákos készítette.
73. ábra. A pollenfal felépítése. c) Columella, f) footlayer (pedium), s) suprategate, t) tectum. Az infografikát Lang, G. (1994) nyomán Kenéz Árpád készítette.
74. ábra. Pollenapertúra típusai. 1) Monolete, 2) poliplicate, 3) monocoplate, 4) dicoplate, 5) tricoplate, 6) zonocoplate, 7) pantocoplate, 8) heterocoplate, 9) dyad, 10) trilete, 11) vesiculate, 12) monoporate, 13) diporate, 14) triporate, 15) zonoporate, 16) pantoporate, 17) fenestrate, 18 és 24) tetrad, 19, inaperture, 20) tricolporate, 21) zonocolporate, 22) pantocolporate, 23) syncolplate. Az infografikát Lang, G. (1994) nyomán Kenéz Árpád készítette.
75. ábra. Pollenszemek exine skulptúrája és struktúrája. Forrás: http://www.botany.unibe.ch/paleo/pollen_e/surface.htm#top
76. ábra. Pollenszemek fénymikroszkópos képe. A mikroszkópi felvételeket készítette: Molnár Marianna.

III. FEJEZET

77. ábra. A feltételezett NGW villák morfológiai mérésének alappontjai. a = A pelyvaalap szélessége, b = a törési heg szélessége, c = a villa szélessége, d = a törési heg és a villa alapja közötti távolság. Az infografikát Kohler-Schneider, M. (2003) nyomán Kenéz Árpád készítette.
78. ábra. A Hódmezővásárhely-Kopáncs I. lelőhelyről előkerült késő rézkori, minden bizonnyal „új típusú” pelyvás búzavilla-maradványok. A mikroszkópi felvételeket készítette: Kenéz Árpád.
79. ábra. A Timofejev-búza (*Triticum timopheevii*) habitusképe. A felvételt készítette: Bicskei József, Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ.
80. ábra. Recens Haynald-fű (*Dasypyrum villosum* [L.] Coss. & Durieu ex P. Candargy) szemtermések a – Bulgária, b – Franciaország, c – Görögország, d – Olaszország, e – Marokkó, f – Törökország, valamint g – vadrozsa (*Secale sylvestre* Host.), h – természetett rozs (*Secale cereale* subsp. *cereale*), i – vad alakor (*Triticum monococcum* L. subsp. *aegilopoides* [Link] Thell.), j – természetett alakor (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*), továbbá k – a győri, szenült archaeobotanikai szemterméslelet makroszkópos és mikroszkópi felvételei. Forrás: Kenéz et al. (2014) nyomán módosítva. A felvételeket készítette: Bicskei József és Kenéz Árpád, Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ.
81. ábra. Recens Haynald-fű (*Dasypyrum villosum* [L.] Coss. & Durieu ex P. Candargy) pelyvaalapot (a – Bulgária, b – Franciaország, c – Görögország, d – Olaszország, e – Marokkó, f – Törökország), valamint g – vadrozsa (*Secale sylvestre* Host.), h – természetett rozs (*Secale cereale* subsp. *cereale*), i – vad alakor (*Triticum monococcum* L. subsp. *aegilopoides* [Link] Thell.), j – természetett alakor (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*), továbbá k – a győri, szenült archaeobotanikai lelet makroszkópos és mikroszkópi felvételei. Forrás: Kenéz et al. (2014) nyomán módosítva. A felvételeket készítette: Bicskei József és Kenéz Árpád, Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ.
82. ábra. Lehetséges útvonalak a Haynald-fű győri populációjának kialakulásához. Az infografikát készítette: Kenéz Árpád.
83. ábra. Cserdi-Horgas-dűlő lelőhelyről feltárt jellegzetes gabonataxonok maradványai. 1. Abrakzab (*Avena sativa* L.), 2. árpa (*Hordeum vulgare* L.), 3. rozs (*Secale cereale* L.), 4. olasz muhar (*Setaria italica* [L.] P. B.), 5. közönséges búza (*Triticum aestivum* L. subsp. *aestivum*), 6. törpe búza (*Triticum aestivum* L. subsp. *compactum* [Host.] MacKey), 7. tönke (*Triticum turgidum* L. subsp. *dicoccum* [Schränk]), 8. alakor (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*), 9. tönköly (cf. *Triticum aestivum* L. subsp. *spelta*). Forrás: Kenéz Á., Szabó M., Pető Á. (2015) Appendix 2.
84. ábra. Cserdi-Horgas-dűlő lelőhelyről feltárt jellegzetes gyomtaxonok maradványai. 1. Konkoly (*Agrostemma githago* L.), 2. fehér libatop (*Chenopodium album* L.), 3. apró ujjasmuhar (*Digitaria ischaemum* [Schreb.] Mühlenb.), 4. vetési galaj (*Galium spurium* L.), 5. háromszarvú galaj (*Galium tricornutum* Dandy [syn. *G. tricornue* auct.]) 6. mezei fátyolvirág (*Gypsophila muralis* L.) 7. varjúmák (*Hibiscus trionum* L.) 8. mezei sóska (*Rumex acetosa* L.), 9. juhsóska (*Rumex acetosella* agg.), 10. réti lórom (*Rumex obtusifolius* L.), 11. földi bodza (*Sambucus ebulus* L.), 12. mezei csibehúr (*Spergula arvensis* L.), 13. cicó (*Thymelaeae passerina* [L.] Coss. et Germ.). 14. boglárka faj (*Ranunculus* sp.). Forrás: Kenéz Á., Szabó M., Pető Á. (2015) Appendix 5.
85. ábra. A botanikai maradványok előkerülési helyei és az ásatási évek Keszthely-Fenekpuszta lelőhelyen. I. északi erődkapu, II. 19. épület, III. kutak és kemencebokrok, IV. a horreum és a bazilika közötti terület, V. nyugati erődkapu, VI. a 25. (a régi rendszer szerint A jelű) épület, VII. a 17. épület környéke és a 18. épület, VIII. a 24. és 27. épületek (régierőszer szerint együtt C jelű épület), IX. a déli erődkapu keleti tornya és a kapu előtti út gabonás betöltése (Heinrich-Tamáská és munkatársai alapján). Forrás: Kenéz Á. (2014), p. 148.

86. ábra. Az erőd feltételezett késő római környezete. 1. Alámerült vízinövény-társulás, 2. nádas, magas sásos, vízparti növényzet, 3. mocsárrét, láprét (akár égerláp is), 4. üde és nedves gyepek (a rajzon az egyszerűség kedvéért ugyan a déli oldalon vannak jelölve, de valószínűsíthetően nem itt lehettek), 5. átlagos termőhelyű rét/legelő/gyep, 6. száraz rét (főként talán az erőd déli oldalán, a földnyelv szárazabb részein), 7. erdőszélek társulásai, cserjések, 8. erdők (a szárazabb, magasabb helyeken pl. gyertyános kocsánytalan tölgyesek) és ligeterdők (a mélyebb partközeli részeken, puha- és keményfás ligeterdők egyaránt), 9. szántóföldek, 10. ruderális területek (utak- és csapások környéke, valamint pl. a déli erődkapu előtti temető). Forrás: Kenéz Á. (2014), p. 148.
87. ábra. Ludwig Rohbock (1824–1893) acélmetszete hüen visszaadja Vác környezetének változatos természeti környezetét, illetve a növénytermesztés és növényhasznosítás lehetséges helyszíneit. A metszeten láthatók a Dunát kísérő ártéri ligeterdők foltjai, a nedves, vízjárta rétek, a magasabb térszínek szántóföldjei, gyümölcsösök, illetve a hegyvidék erdői is. Ludwig Rohbock: Vác látképe délről, a Hétkápolna felől. Kézzel színezett acélmetszet a 19. század 2. feléből. Vác, Tragor Ignác Múzeum. <http://www.bucsujaras.hu/vac/kvac007.gif>
88. ábra. Vác-Piac utca lelőhelyen előkerült kapásnövények maradványai, amelyek a háztáji kertkultúra jelenlétéről árulkodnak a középkori településen. 1. Görögdinnye (*Citrullus lanatus* L.), 2. sárgadinnye (*Cucumis melo* L.), 3. lencse (*Lens culinaris* Medik.), 4. borsó (*Pisum sativum* L.), 5. mák (*Papaver somniferum* L.). Lépték = 2 mm. Forrás: Kenéz Á., Pető Á., Grynaeus A. (2016) p. 399., 10.4. ábra nyomán módosítva.
89. ábra. Mikroszkópos felvételek a Vác-Piac utca lelőhelyen feltárt és meghatározott fa- és faszénmaradványok egyes darabjairól. 1–2) Kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* Lieblein.) maradványának keresztmetszeti képe, amelyen jól kivehetők a gyűrűs likacsú fák szöveti jellegzetességei, 4) kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* Lieblein.) fagerenda keresztmetszeti, 3) és 5) húrmetszeti és 6) hosszmetzeti képe. Forrás: Kenéz Á., Pető Á., Grynaeus A. (2016), p. 412., 10.10. ábra nyomán módosítva.
90. ábra. Hatvan-Baj-puszta lelőhelyről feltárt gabonamaradványok taxon szerintimegoszlása. Forrás: Pető Á., Kenéz Á., Tóth Z. (2017) nyomán módosítva.
91. ábra. Hatvan-Baj-puszta lelőhelyről feltárt gabonamaradványok típus szerinti megoszlása. Forrás: Pető Á., Kenéz Á., Tóth Z. (2017) nyomán módosítva.
92. ábra. Hatvan-Baj-puszta lelőhelyről feltárt jellegzetes gabonataxonok szemtermései. Skála = 1 mm. a) Abrakzab (*Avena cf. sativa* L.), b) árpa (*Hordeum vulgare* L.), c) tönköly (*Triticum aestivum* L. subsp. *spelta* [L.] Thell), d) alakor (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*), e) tönke (*Triticum turgidum* L. subsp. *dicoccum* [Schrank] Thell), f) köles (*Panicum miliaceum* L.). Forrás: Pető Á., Kenéz Á., Tóth Z. (2017) nyomán módosítva. A mikroszkópi felvételeket készítette: Pető Ákos.
93. ábra. A Dunaszentgyörgy-Kaszás-tanya lelőhelyről előkerült, 1.63372.331.24. számú minta transzverzális felülete. A mikroszkópi felvételeket készítette: Saláta Dénes.
94. ábra. A határozás során szóba jöhető fajok. Határozó ábrák forrása: Schoc, W. – Heller, I. – Schweingruber, F. H. – Kienast, F. (2004) nyomán módosítva. www.woodanatomy.ch
95. ábra. az 1 mm²-re eső edények megállapítása. A mikroszkópi felvételeket készítette: Saláta Dénes.
96. ábra. A Dunaszentgyörgy-Kaszás-tanya lelőhelyről előkerült 1.63372.331.24. és 1.63372.331.22. számú minták transzverzális felülete, előbbi esetben a nyílvevő keresztmetszetét kiegészítő körrel és mindkét esetben a bélsugarak irányát jelölő nyilakkal. A mikroszkópi felvételeket készítette: Saláta Dénes.
97. ábra. *Triticum* sp. általános virágzati felépítése. 1 – szálfka, 2 – külső toklász, 3 – belső toklász, 4 – szemtermés (caryopsis), 5 – pelyvalevél, 6 – kalászsorsótag (Pető és Vrydaghs 2016 nyomán módosítva). Infografikát készítette: Kenéz Árpád, Magyar Nemzeti Múzeum, Nemzeti Örökségvédelmi Központ. Forrás: Pető Á., Vrydaghs L. 2016. Phytolith Analysis of Ceramic Thin-Sections. First Taphonomical Insights from Experiments with Vegetal Tempering. In: Sibbeson E., Jervi B., Coxon S. (eds.) Insight from Innovation: New Light on Archaeological Ceramics. Southampton Monographs in Archaeology, New Series 6, The Highfield Press, St Andrews, UK, 57–73.

98. ábra. A kerámia alapanyaga által szorosan körbefont elongate dendritic LC sejtekből felépülő szöveti elkovásodás Tápé-Lebő kora neolit lelőhelyről származó 132-es számú kerámia vékonycsiszolatában. A mikroszkópi felvételt készítette: Pető Ákos.
99. ábra. Elongate dendritic LC morfortípusokból felépülő elkovásodott növényi szövetmaradvány Hódmezővásárhely-Gorzsa kora neolit telep lelőhelyről származó 120-as számú kerámia vékonycsiszolatában. Az ún. sejtfalléfutási mintázatok a búza nemzetség (*Triticum* genus) valamelyik fajának jelenlétét valószínűsítik. A mikroszkópi felvételt készítette: Pető Ákos.
100. ábra. Terméshéj-keresztmetszetek fénymikroszkópos felvételei. a) Pócspetri-Bikaréti szivárgó lelőhelyen talált tökhéjlelet, b) referencia *Lagenaria siceraria* terméshéj, c) referencia *Cucurbita pepo* terméshéj. MC: mezokarpium, EpC: epikarpium, ph: fitolit. Forrás: Pető Á., Kenéz Á., Lisztes-Szabó Zs., Sramkó G., Laczkó L., Molnár M., Bóka G. (2017) nyomán módosítva. A mikroszkópi felvételeket készítette: Lisztes-Szabó Zsuzsa.
101. ábra. *Lagenaria siceraria* terméshéjak fénymikroszkópos keresztmetszeti képei. A beágyazott képek a fitolitok anatómiai helyét jelzik. a) Referencia terméshéj, MC: mezokarpium, EC: endokarpium, SC: szklerenchima sejtek, E-ph: endokarpium fitolitok: floriform sejtstruktúra szilifikált sejtfallakkal, El-ph: megnyúlt szilifikált sejtek. b) Terméshéjlelet (beágyazott ábra. a leváló epikarpium), E-ph: endokarpium fitolitok: floriform sejtstruktúra szilifikált sejtfallakkal, C-ph: a kieső fitolitok üregei, HEIC: horizontálisan megnyúlt sejtek. c) Terméshéjlelet keresztmetszete. Forrás: Pető Á., Kenéz Á., Lisztes-Szabó Zs., Sramkó G., Laczkó L., Molnár M., Bóka G. (2017) nyomán módosítva. A mikroszkópi felvételeket készítette: Lisztes-Szabó Zsuzsa.
102. ábra. *Lagenaria siceraria* terméshéj fitolitjai. a) Referencia mezokarpium fitolitok, b) a lelet mezokarpiumának fitolitjai, c) referencia endokarpium fitolitok, d) a lelet endokarpiumának fitolitjai. Forrás: Pető Á., Kenéz Á., Lisztes-Szabó Zs., Sramkó G., Laczkó L., Molnár M., Bóka G. (2017) nyomán módosítva. A mikroszkópi felvételeket készítette: Lisztes-Szabó Zsuzsa.
103. ábra. Izolált *Lagenaria siceraria* terméshéj fitolitok. a) Referencia mezokarpiumból feltárt növényi opálszemcsék, b) archaeobotanikai leletből feltárt mezokarpális növényi opálszemcsék, c) referencia endokarpiumból feltárt növényi opálszemcsék, d) az archaeobotanikai lelet endokarpiumából feltárt növényi opálszemcsék. Forrás: Pető Á., Kenéz Á., Lisztes-Szabó Zs., Sramkó G., Laczkó L., Molnár M., Bóka G. (2017) nyomán módosítva. A mikroszkópi felvételeket készítette: Lisztes-Szabó Zsuzsa.
104. ábra. Tárolófunkciót ellátó, félig földbe mélyített épületobjektum (féltetős tárológödör) rekonstrukciója a százhalombattai Matrica Múzeum és Régészeti Parkban. Az épület a Jerem Erzsébet által Sopron-Krautackeren feltárt vaskori telep 194. sz. objektumának rekonstrukciója: Jerem E., Facsar G., Kordos L., Krolopp E. (1985). A felvételt készítette: Pető Ákos.
105. ábra. A 129/4645-ös épületobjektum belső terében végzett régészeti növénytani elemzések során nyert gabona- és gyomeloszlási adatok fedvényei. a) Gabonák megjelenése; b) gabonák súlyozott eloszlása; c) gyomok megjelenése; d) gyomok súlyozott eloszlása. Forrás: Pető Á., Kenéz Á., Csabainé Prunner A., Lisztes-Szabó Zs. (2015) nyomán módosítva.
106. ábra. A 129/4645-ös épületobjektum belső terében végzett fitolitelemzés során nyert adatok eloszlásfedvényei. a), b) Rondel SC, c), d) elongate dendritic LC; e), f) elongate smooth psilate LC; g), h) bulliformok. Az a/b és c/d fedvények a gabonák tisztítási hulladékából a fellevelek, azaz a pelyva és toklász indikátorai, míg az e/f és g/h fedvények a gabonák szárának és levelének indikátorai. Forrás: Pető Á., Kenéz Á., Baklanov Sz., Ilon G. (2012) nyomán módosítva.

KUTATÓK PORTRÉI

20. oldal: Oswald Heer portréja. Forrás: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ETH-BIB-Heer,_Oswald_\(1809-1883\)-Portrait-Portr_11212.tif#/media/File:ETH-BIB-Heer,_Oswald_\(1809-1883\)-Portrait-Portr_11212.tif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ETH-BIB-Heer,_Oswald_(1809-1883)-Portrait-Portr_11212.tif#/media/File:ETH-BIB-Heer,_Oswald_(1809-1883)-Portrait-Portr_11212.tif)
22. oldal: Deininger Imre portréja. Forrás: <http://tudastar.dfmk.hu/zalaiak?p=204>
23. oldal: Füzes Miklós portréja. Forrás: Gyulai Ferenc gyűjteménye.
26. oldal: Andrew Ellicott Douglass portréja. Forrás: <https://www.ltrr.arizona.edu/~radams/AEDouglas%20photos,images,data/AEDouglas%20buehman%20copy4%20001.jpg>
27. oldal: Babos Károly portréja. Forrás: Surányi D 2006. Babos Károly (1938–2005). Botanikai Közlemények 93(1–2): 5–15. [http://real-j.mtak.hu/8207/1/BotanikaiKozlemenyek_093.pdf]
27. oldal: Greguss Pál portréja. Forrás: <http://members.iif.hu/visontay/ponticulus/img1/portrait/greguss-pal-botanikus.jpg>
88. oldal: Christian Gottfried Ehrenberg portréja Eduard Radke festményén. Forrás: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/Ehrenberg%2C_Christian_Gottfried%2C_by_Eduard_Radke.jpg
91. oldal: Zólyomi Bálint portréja. Forrás: <https://www.okologia.mta.hu/sites/default/files/zolyomi.jpg>
103. ábra. Lennart von Post portréja. Forrás: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5f/Swedish_geologist_Lennart_von_Post.jpg

A KÖTET SZERZŐI:

Dr. Kenéz Árpád, PhD

archaeobotanikus, független kutató

2100 Gödöllő, Iskola u. 26.

kenezarpad@gmail.com

Dr. Pető Ákos, PhD

egyetemi docens

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság és Környezettudományi Kar,

Természetvédelmi- és Tájgazdálkodási Intézet, Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1 .

Peto.Akos@mkk.szie.hu

Prof. Dr. Gyulai Ferenc, DSc

egyetemi tanár

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság és Környezettudományi Kar, Természetvédelmi- és

Tájgazdálkodási Intézet, Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1 .

Gyulai.Ferenc@mkk.szie.hu

Dr. Saláta Dénes, PhD

egyetemi adjunktus

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság és Környezettudományi Kar, Természetvédelmi- és

Tájgazdálkodási Intézet, Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszék

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1 .

Salata.Denes@mkk.szie.hu

Dr. Lisztes-Szabó Zsuzsa, PhD

botanikus, tudományos munkatárs

Magyar Tudományos Akadémia, Atommagkutató Intézet Izotóp Klimatológiai és

Környezetkutató Központ

4001 Debrecen, Pf. 51.

lisztes-szabo.zsuzsanna@atomki.mta.hu

Molnár Marianna

palinológus, PhD-hallgató

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság és Környezettudományi Kar,

Környezettudományi Doktori Iskola

2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1

marianna.molnar84@gmail.com