

FORENZIKUS BRIOLÓGIA A BOTANIKUS SZAKÉRTŐI GYAKORLATBAN

1. Bevezetés

Közel három évvel ezelőtt kezdődött meg a Nemzeti Szakértői és Kutató Központ Fizikai és Kémiai Szakértői Intézetének Ásvány-Közzetani és Botanikai Laboratóriumában a forenzikus briológia módszerének kidolgozása, valamint az NSZKK mohatárának kiépítése. Az NSZKK botanikus szakértőinek repertoárjában az elmúlt évek alatt rutinszerűen eddig nem jelent meg a mohavizsgálat. A korábbi néhány alkalommal beérkezett kirendelések természetkárosítással álltak összefüggésben és azonosító vizsgálat elvégzésére volt szükség. A kirendelések háttérében a megkárosított területen előforduló védett fajok jelenléte, száma, valamint a károsítás mértékéből adódó anyagi kár értékének megállapítása állt. A hazai mohok között az egyik legelterjedtebb faj a ciprusmoha (*Hypnum cupressiforme* Hedw.), amelyet alapanyagként vagy díszítőelemként a halottak napi, illetve karácsonyi időszakban megvásárolható szalmakoszorúk bevonásához használnak. Ezen ünnepek előtt gyakori a sziklákról, fákról történő engedély nélküli mohagyűjtés. A növények begyűjtése a természetes élőhelyükről több szempontból is aggodalmat keltő az esetlegesen gondatlanul leszedett védett fajok természetvédelmi értékén felül. A megrongált élőhelyen több, akár ritka faj is élhet, valamint az élőhely újbóli benövése is lassú folyamat. Ezeken kívül fontos ökológiai szerepük, hogy a mohák életteret biztosítanak kisebb állatok számára (pl. különféle ízeltlábúak, puhatestűek), úgy alakítják át a talajt, hogy azzal elősegítik más növényfajok megtelepedését, valamint hirtelen támadt, nagyobb esőzések alatt lehulló jelentős mennyiségű csapadék felvételére, tárolására, majd a talaj felé történő lassú visszaengedésére képesek.

A következőkben közreadott esettanulmány középpontjában az eddigi gyakorlattól eltérően a fajazonosítás mellett összehasonlító vizsgálat is történt. 2022 márciusában geológus szakértőt rendeltek ki egy kiskorú ellen elkövetett nemi erőszak kísérletének ügyében. Az igazságügyi geológus szakértő a bűnjelszemle során figyelt fel az összehasonlító mintában, valamint a vizsgálati tárgyakon lévő mohanövénykékre. A kirendelő hatósággal történt egyeztetés nyomán 2022 áprilisában megérkezett az igazságügyi botanikus szakértő, mint társszakértő kirendelése is. A kiskorú sértettet megtámadó ismeretlen tettes ellen a kiskorú édesanyja tett feljelentést. A kirendelő által közreadott ismeretek alapján, 2022 tavaszán este 22 óra körüli időpontban a kiskorú egyedül sétált egy olyan utcában, melynek egyik oldalán családi házak sorakoztak, a másik oldalán pedig egy fás terület húzódott. A sértettet az elkövető hátulról ragadta meg, karjait lefogta, a száját befogta, fogdosta és a fás terület felé kezdte vonszolni. A kiskorú sértett feltehetően védekezett, amely következtében mindketten a földre estek, ezt kihasználva tudott kiszabadulni és elmenekülni. A kirendelő hatóság a bűncselekmény bizonyítása szempontjából szükségesnek és indokoltnak tartotta, hogy az elesés helyéről rögzített botanikai és geológiai összehasonlító mintát az NSZKK botanikus és geológus szakértői összehasonlítsák a kiskorú sértett alsó, valamint felső ruházatán esetlegesen fellelhető talaj-

és növényi maradványokkal. Az igazságügyi geológiai vizsgálatok jelen tanulmányban nem kerülnek részletezésre.

2. Irodalmi áttekintés

A nemzetközi szakirodalomban 2003 óta jelennek meg forenzikus briológia témájú tanulmányok, azonban ezek száma elenyésző. Ezen írások minden esetben hangsúlyozzák a mohák kriminalisztikai jelentőségét, valamint bűnjelként való alkalmazásuk hiányát¹. Finnországból számolnak be olyan kísérlet lefolytatásáról, amely során a mohák felhasználhatóságát kísérték figyelemmel a forenzikus vizsgálatokban.

A kísérlet egyik részében azt vizsgálták, hogy a lábbelikre tapadt mohanövényke részletek meddig maradhatnak azonosíthatók, valamint mennyi faj képviselteti magát, akár több napos, nehéz terepen való sétálás után². Olaszországi, illetve amerikai és tajvani kutatók publikáltak tanulmányokat olyan esetekről, amelyek vizsgálata során sikerrel alkalmaztak mohákat az öngyilkosság bizonyítására^{3,4}.

3. A mohákról általánosan

A briológia a mohákkal foglalkozó tudományág. A mohák újabb rendszertani felosztása a genetikai, morfológiai, valamint anatómiai tulajdonságok együttes figyelembevétel alapján történik. A mohák rendszertani besorolása jelenleg is vitatott. Az egyik legelfogadottabb felosztás szerint három törzsbe sorolhatók. A legnagyobb fajszerű a lombosmohák törzse (Phylum Bryophyta), amely világszerte kb. 13 000 fajt foglal magába. A törzsen belül két osztályt különítenek el: a tőzegmohákat és a valódi lombosmohákat. A lombosmohák törzsenél kevesebb, kb. 9 000 fajt foglal magába a májmohák törzse (Phylum Marchantiophyta), amely a telepes -, valamint a leveles májmohák osztályaiból tevődik össze. A harmadik csoport, a Becősmohák törzse (Phylum Anthocerotophyta), amelybe kb. 100 faj sorolható. Magyarországon a rendelkezésre álló adatok szerint 689 mohafaj él⁵, melyek közül 77 faj védett⁶. A mohák szárazföldi növények. A magasabb rendű növényekkel megegyező színanyagokkal rendelkeznek, melyek a klorofill-a, klorofill-b, karotin, valamint a xantofill. Az asszimiláló színanyagoknak a fotoszintézis folyamatában van jelentőségük, a fotonok befogásában, illetve a fényenergia kémiai energiává való

¹ Caccianiga, Marco - Conforti, Federica - Lancia, Massimo: Forensic botany: The use of mosses in criminal investigations, Nova Science, Inc., 2014. 221-233.o.

² Virtanen, Viivi - Korpelainen, Helena - Kostamo, Kirsi: Forensic botany: Usability of bryophyte material in forensic studies, Forensic Science International 172, 2007. 161-163.o.

³ Margiotta, Gabriele - Bacaro, Giovanni - Carnevali, Eugenia - Severini, Simona - Bacci, Mauro - Gabbrielli, Mario: Forensic botany as a useful tool in the crime scene: Report of a case, Journal of Forensic and Legal Medicine 34, 2015. 24-28.o.

⁴ Miller Coyle, Heather - Cheng-Lung Lee - Wen-Yu Lin - Lee, Henry. C. - Palmbach, Timothy, M.: Forensic botany: using plant evidence to aid in forensic death investigation, Croat Med J, 2005. 606-612.o.

⁵ Erzberger, Peter - Beránek, Ábel - Csiky, János - Nagy, József - Németh, Csaba - Schmotzer, András - Papp, Beáta: What is new in the Hungarian bryophyte flora?, újdonságok a magyar mohafldrában Acta Biologica Plantarum Agriensis. 2021. 9/1. p. 47.

⁶ 100/2012. (IX. 28.) VM rendelet a védett és a fokozottan védett növény- és állatfajokról, a fokozottan védett barlangok köréről, valamint az Európai Közösségben természetvédelmi szempontból jelentős növény- és állatfajok közzétételéről szóló 13/2001. (V. 9.) KöM rendelet és a növényvédelmi tevékenységről szóló 43/2010. (IV. 23.) FVM rendelet módosításáról

átalakításában játszanak szerepet. A mohok autotróf szervezetek, mely azt jelenti, hogy szervetlen anyagokból állítják elő szerves anyagaikat.

A magasabb rendű növényekkel ellentétben valódi szövetekkel még nem rendelkeznek, azonban a lombosmoháknál már megjelennek a különböző feladatok ellátására differenciálódott sejtek csoportjai. A vízháztartásuk szabályozása gyenge, ezért jelentősen függenek a környezetük vízviszonyaitól. A vizet egész testfelületükön keresztül veszik fel, valamint a szaporodásukhoz is vízre van szükségük, hiszen a hímivarsejt egy csepp vízben úszva vagy az esőcseppek okozta felfröccsenéssel közelíti meg a petesejtet. A mohák nemzedékváltakozása két, jól elkülöníthető szakaszból áll⁷. Az ivaros, differenciáltabb gametofiton nemzedékből, valamint az ivartalan, egyszerűbb sporofiton nemzedékből. A gametofiton szakasz az előtelep megjelenésétől a petesejt megtermékenyítéséig tart. A sporofiton nemzedék a zigótából (megtermékenyített petesejt) fejlődik ki. A sporofiton szakasz a spóráképződésig tart. A mohafajok a spóráképzésben változatosságot mutatnak. A lombosmohák törzsének vannak olyan képviselői, amelyek tavasszal és ősszel is képeznek spórát, de vannak olyanok is, melyek évente, illetve tízévente csak egyszer. A mohok vegetatív úton is terjednek, azonban ez az ivartalan szaporodási mód a genetikai állomány leromlásához vezethet.

4. A forenzikus briológia módszere

A lombosmohák alkalmasak forenzikus vizsgálatra, mivel hosszú ideig megőrzik vizsgálható állapotukat. Ennek hátterében az a jelenség áll, hogy kedvezőtlen körülmények között (pl. nem jutnak vízhez) inaktív állapotba kerülnek. Ilyenkor sejtplazmájuk besűrűsödik, nem folytatnak anyagcserét és nem végeznek fotoszintézist. Ha ilyen állapotban vizet kapnak, sejtjeik telítődnek, újra aktív állapotba kerülnek, és a növénykék látványos változáson mennek keresztül. A mohanövényke három, jól elkülöníthető részre tagolódik, a levélkékre (phyllidium), a száracskára (caulidium), valamint a gyökérszerű vagy lemezszőröcskékre (rhizoid)⁸. A forenzikus briológiában a faji szintű azonosítás leggyakrabban a fenti bélyegek morfológiai sajátosságainak vizsgálata alapján történik.

A forenzikus mohavizsgálat három fázisra különíthető el: 1. a mohagyep vagy -szövedék jellemzőinek vizsgálata, 2. a mohalevélke morfológiai bélyegeinek vizsgálata, 3. a spóratartó vagy a levélke keresztmetszetének tanulmányozása. A mohagyep vagy -szövedék jellemvonásainak vizsgálata vizuális, illetve sztereomikroszkópos megfigyeléssel történik. Ennek során a száracskák, a rhizoidok, valamint a levélkék egymáshoz való viszonyának jellegzetességei, valamint a mohanövénykén való elhelyezkedésük kerül felmérésre. A megfigyelt tulajdonságok adják a fajszerű határozás kezdeti lépéseit. A mikroszkópos vizsgálat segítségével lehet azt is megállapítani, hogy a bűnjelet egy vagy több mohafaj alkotja. Ennek kriminalisztikai jelentősége, hogy a bizonyítás erejét növeli, ha több azonosított mohanövény mutat egyezést az összehasonlító minta és a vizsgálati tárgyakról biztosított növények között. A mohalevélke morfológiai bélyegei fénymikroszkóp segítségével vizsgálhatók, ezt megelőzően azonban a szár-, valamint áglevélkéket le kell választani a száracskáról, és víz, illetve glicerin 1:1 arányú keverékébe helyezve tárgylemezre kell preparálni. Egy levélke vizsgálata során tízennégy morfológiai bélyeg

⁷ Orbán, Sándor - Vajda, László: Magyarország mohaflórájának kézikönyve. Budapest, Akadémiai Kiadó. 1983.

⁸ Ács, Éva - Kiss, Tihamér Keve - Balogh, János - Czöbel, Szilárd - Nagy, Zoltán - Cserhalmi, Dániel - Orbán, Sándor - Engloner, Attila - Podani, János - Farkas, Edit - Szerdahelyi, Tibor - Főti, Szilvia - Szirmai, Orsolya - Jakucs, Erzsébet - Tuba, Zoltán: *Botanika II.* Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt. 2007. 178-184.o.

kerül megfigyelésre, ezek közül négy sajátosság hordozza a legfontosabb elkülönítő jegyeket. E fontos bélyegek: a mohalevélke alakja, a sejthálózat, a sejtek felületi képletei, valamint a „levélér”, amely a magasabb rendű növények azonos elnevezésű képleteivel ellentétben a levélke közepén elhelyezkedő, többsejtű levélgerinc. Egyes mohafajok esetében a fajszintű azonosításhoz elegendő csupán a mohalevélke vizsgálata. A spóratartó vagy a levélke keresztmetszetének tanulmányozására akkor van szükség, ha a második fázis nem vezetett eredményre. A spóratartó a sporofiton nemzedék jellegzetes képlete. Három, jól elkülöníthető részből áll, a talpi részből, a toknyélből (seta), valamint a spóratokból (capsula). A tok alakja, mérete, felnyílásának módja, a nyél hosszúsága, minősége, valamint a tokfedő formája hozzájárul a végleges azonosításhoz. A spóratartó esetében kiemelkedő azonosító bélyegek a toknyílás körül elhelyezkedő ún. perisztómium fogak száma, jellemzői, illetve egy vagy két sorba való rendeződése. Amennyiben az egyes nemzetségek fajai számos tulajdonságukban nagy hasonlóságot mutatnak, a levélke keresztmetszetének vizsgálata gyakran segít a faji szintű azonosításban. Jó például szolgálnak erre a *Polytrichastrum* G. L. Smith és a *Polytrichum* Hedw. nemzetségekbe tartozó szőrmohák, amelyek a terminális sejtjeinek alakjában, az asszimiláló lemezeik, illetve a szegélyrészüik sejtorszámaiban különböznek. A vizsgálat és azonosítás fénymikroszkóp segítségével történik, a mintaelőkészítés során pedig kézi metszés alkalmazandó, a preparálás azonban a mohalevélke-preparátumok előállításával azonos módon történik.

5. Előnyök és hátrányok

A forenzikus mohavizsgálat előnyei között említhető az egyszerű helyszíni rögzítés és mintavétel. A lombosmohák továbbá sokáig vizsgálatra alkalmas állapotban maradnak, illetve bármin megtapadnak, pl. ruházat, lábbeli, csontfelszín stb. A mintaelőkészítés egyszerű, mivel nincs szükség festésre, kicsi az eszközigény, valamint kis mennyiségű minta is elég az eredményhez. A módszer hátránya, hogy egyes fajok esetében spóratartó nélkül fajszintű azonosítás nem lehetséges.

6. Az eset vizsgálata és annak eredményei

A kirendelő hatóság három vizsgálati tárgyat bocsátott rendelkezésemre a botanikai vizsgálatok elvégzéséhez, a bűncselekmény helyszínén – a sértett és az ismeretlen tettes földre kerülési helyén – rögzített összehasonlító talaj- és növénymintát, a kiskorú sértett felső ruházatát (egy fekete színű női kabátot), valamint az alsó ruházatát (egy sötétkék színű női ruhát). A vizsgálathoz szét kellett választani az összehasonlító minta komponenseit, biztosítani kellett a női kabát belső oldalának szőrmebélésén talált növényi maradványokat, valamint a női ruhát rázalékolni kellett. Az összehasonlító mintából, a női kabátról, illetve a női ruha rázalékából kiválogatott növényi maradványokat sztereomikroszkópos vizsgálattal áttekintettem, típusuk szerint csoportosítottam. A vizsgálati tárgyakról biztosított mohanövénykékből fénymikroszkópos vizsgálatra alkalmas tárgylemezes preparátumokat készítettem. A mohák mellett talált egyéb növényi maradványok – pl. magasabb rendű növények lomblevéltöredékei, ágdarabjai, fűfélék levélrészletei – azonosítása méretük, valamint állapotuk miatt nem volt lehetséges. Az összehasonlító mintában, a női kabát belső oldalának szőrmebélésén, valamint a sötétkék színű női ruha rázalékában a *Brachytheciaceae* B. S. G. család *Oxyrrhynchium* (B. S. G.) Hedw. nemzetségébe tartozó lombosmoha képviselőjét azonosítottam. Az összehasonlító mintában, valamint a női kabát

szőrmebéelésén egy további lombosmoha-töredéket azonosítottam, a Brachytheciaceae B. S. G. család Homalothecium B. S. G. nemzetségének képviselőjét. Egyik nemzetség esetében sem állt rendelkezésemre spóratartó, ezért a fajszintű azonosításra nem volt lehetőség. Az igazságügyi botanikai vizsgálat eredményeként a fekete színű női kabátról biztosított anyagmaradványban a bűncselekmény helyszínén rögzített összehasonlító mintában előforduló mindkét mohanövény megtalálható volt. A sötétkék színű, női ruha rázalékából biztosított anyagmaradványban lévő mohanövényke-töredék az összehasonlító minta kétféle nemzetsége közül az egyik lombosmoha morfológiai sajátosságaival megegyezett. Az igazságügyi botanikai és geológiai vizsgálatok eredményei kiegészítették és kölcsönösen megerősítették egymást. A kiskorú sértett egyértelműen köthetőnek bizonyult a bűncselekmény helyszínéhez.

7. Összefoglalás

A forenzikus botanikai gyakorlatban a mohavizsgálat meglehetősen elhanyagolt terület, ám a mohák számos bűnügy kapcsán bírhatnak fontos bizonyító erővel. Az NSZKK-ban kidolgozott mohavizsgálati módszer a bemutatott esettanulmány példája alapján alkalmas összehasonlító vizsgálatok elvégzésére, amelyek eredményei hatékonyan hozzájárulhatnak a büntetőeljárások sikeres lefolytatásához.