

Méh-biomonitoring: pollenanalízisre alapozott biodiverzitás értékelő módszer fejlesztése

DOMINKÓ EMESE¹, SCHMIDT DÁVID¹, CSISZÁR ÁGNES¹, ZAGYVAI GERGELY¹,
RÉTFALVI TAMÁS¹

¹ Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Környezet-és Természettudományi Intézet,
9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky utca 4., email: dominko.emese@uni-sopron.hu

Kulcsszavak: agrárerdészet, méh-biomonitoring, mikroszkópos pollenanalízis, biodiverzitás

Összefoglalás: Kutatásunk célja egy Harkán található agrárerdészeti rendszer 3–5 km-es körzetében a háziméhek által táplálékforrásként hasznosított növények sokféleségének feltárása volt, hat méhcsalád kaptártermékeinek (méz, pollencsomók) mikroszkópos pollenanalízise alapján. A mézminták a nektárforrások, míg a pollencsomók a virágpor-eredet közvetlen indikátorai, így együttes vizsgálatuk kiegészítő információt nyújtott a helyi flóráról és a beporzók növényválasztási mintázatairól. Eredményeink szerint az agrárerdészeti környezet fajgazdag és stabil táplálékbázist biztosít, amely elősegíti a beporzók egészségét és támogatja a méztermelés fenntarthatóságát. Mind a pollencsomók, mind a mézminták esetében jelentős különbségek mutatkoztak a hat méhcsalád nektár- és pollenforrás-preferenciáiban, ami a helyi növényzet változatosságát és a méhek gyűjtési viselkedésének egyediségét tükrözi. A három vizsgálati hónap eredményei alapján áprilisban és júliusban a pollencsomók, míg májusban a mézminták mutattak nagyobb növénycsalád-diverzitást, ami összefügghet bizonyos fajok (pl. *Brassica napus*, *Castanea sativa*) felül-, illetve a fehér akác (*Robinia pseudoacacia*) alulreprezentált pollenszámával. A Brassicaceae család pollenje valamennyi mézmintában jelen volt, ami a repcefélék elhúzódó virágzásával és a zöldítési gyakorlatokkal magyarázható. A méz- és pollenminta-összetételek közötti eltérések azt jelzik, hogy a méhek nektár- és pollenforrás-preferenciái különbözhetnek, valamint a vizsgálati terület bőséges és változatos táplálékforrást biztosított a méhcsaládok számára. A két kaptártermék párhuzamos elemzése alkalmas a méhlegelők és az ökoszisztéma szerkezetének feltérképezésére, valamint hosszú távú monitorozásra, amely segítheti az élőhelykezelési és növénytelepítési stratégiák beporzóbarát kialakítását.

Bevezetés

Az agrárerdészet olyan földhasználati forma, amelyben a mezőgazdasági tevékenységek különböző ágai fásszárú évelő növényekkel és/vagy állattartással egyidejűleg, ugyanazon a területen valósulnak meg (Nair 1993, Leakey 1996, Mosquera-Losada et al. 2016, Borovics et al. 2017). Bár évszázadok óta alkalmazott tevékenységnek tekinthető, ennek ellenére hazánkban sajnos még nem ismert általánosan (Vityi et al. 2015). Napjainkban egyre nagyobb az érdeklődés az ilyen típusú rendszerek után, mivel gazdasági, társadalmi és környezeti előnyökkel is járhatnak a hagyományos gazdálkodási rendszerekhez képest (Jose 2009, Van Noordwijk 2019). Ezen előnyöktől függetlenül mégis visszafogott az agrárerdészeti rendszerek terjedése.

A fák és a cserjék integrálása a mezőgazdasági művelésbe hozzájárul a talajvédelemhez, szabályozza a mikroklímát és erőforrásokat biztosít a vadon élő fajok számára

(Mutegi et al. 2008, Nair 2011, Lal és Stewart 2012, Pardon et al. 2017, Zhang et al. 2018, Dhaliwal et al. 2018, Bazrgar et al. 2020, Elagib és Al-Saidi 2020). Nem elhanyagolható szempont a vegyes gyümölcs-zöldségkultúra létrehozásánál az sem, hogy ezek az ültetvények tájképi esztétikai szempontból is kedvezőbb látványt nyújtanak, mint a hagyományos nagyüzemi mezőgazdasági területek (Yadav et al. 2019, Szabó és Koponicsné Györke 2021). Számos kutatás bizonyítja, hogy ezek a rendszerek gazdagabb növény- és állatvilágnak adnak otthont, növelve ezzel a biológiai sokféleséget, különösen a mezőgazdasági területek intenzifikálása által veszélyeztetett régiókban (Torralba et al. 2016, Udawatta et al. 2019, 2021). A beporzó rovarok számára különösen előnyösök az agrárerdészeti rendszerek, mivel a vegetációs periódus során végig bőséges és diverz nektár- és pollenforrást szolgáltatnak, emellett pedig fészkelő és búvóhelyet is kínálnak (Potts et al. 2010, Bentrup et al. 2019, Varah et al. 2020, Crowter és Gilbert 2020). További ökológiai előnyként kulcsfontosságú zöld folyosókként is szolgálnak az egyébként fajszegény agrártájakon, így hozzájárulva a biodiverzitás megőrzéséhez és a beporzó szolgáltatások fenntartásához (Gurr et al. 2003, Bullock et al. 2007, Forbes et al. 2022).

Az agrárerdészet, mint rendszer vizsgálata tájléptékű megközelítést igényel, mivel ökológiai és gazdasági jelentősége messze túlmutat az egyes parcellák határain. Egy táj akkor tekinthető agrárerdészeti karakterűnek, ha a fás növényzet és a mezőgazdasági tevékenységek (növénytermesztés, illetve állattartás) mozaikos elrendezése olyan strukturális heterogenitást eredményez, amely a táj meghatározó jellegét adja (Den Herder et al. 2017, Mosquera-Losada et al. 2018). Az ilyen rendszerekre magas szerkezeti és fajdiverzitás, multifunkcionális területhasználát, valamint gazdag ökoszisztéma szolgáltatás jellemző.

Az ilyen komplex rendszerek biodiverzitásának számszerűsítése bonyolult feladat. A hagyományos módszerek, mint a flóra-és vegetációtérképezés nélkülözhetetlen egy terület botanikai összetételének taxonómiai szintű felméréséhez. Ezek a módszerek adják a „ground truth” adatokat, hiszen részletes képet nyújtanak egy adott élőhely növénytársulásairól (Chen et al. 2023). Az utóbbi évtizedekben számos forradalmian új módszer jelent meg a biodiverzitás feltérképezése kapcsán. Ilyen többek között a műholdakkal történő távérzékelés, amely lehetőséget ad nagy területek vegetációjának a feltérképezésére és az élőhelyek változásának nyomon követésére (Bergen et al. 2009, Guo et al. 2017). A környezeti DNS (eDNS) elemzés egy nagyon érzékeny módszer, amely alkalmazásával egyidejűleg akár teljes élőhelyközösségek (víz, talaj, levegő) azonosítására is lehetőség nyílik (Barnes és Turner 2016, Deiner et al. 2017, Sahu et al. 2023). Hátránya lehet ezen vizsgálati módszereknek, hogy idő-és munkaigényesek, nagy kiterjedésű területeken nehezen alkalmazhatóak és nem adnak információt a növények ökológiai funkcióiról, többek között a beporzóknak nyújtott szolgáltatásairól.

Ezt a hiányosságot kiegészíthetik a különböző bioindikációs módszerek, például a méh-biomonitoring (McGeogh 1998). A házi méhek (*Apis mellifera*) gyakran alkalmazott bioindikátor fajnak számítanak, mivel jellemzően 2–5 km-es körzetben gyűjtik a pollent és a nektárt, és a teljes szezonban jelen vannak a vizsgált területen. Ennek révén

a flórát széles spektrumban képesek mintázni, ugyanakkor a kaptártermékek összetétele elsősorban a méhek táplálkozási preferenciáit és a számukra elérhető erőforrásokat tükrözi, nem pedig a teljes növényvilág arányos reprezentációját. A mikroszkópos pollenanalízis alkalmazásával már egyetlen méhcsalád is több négyzetkilométernyi térség vegetációjáról szolgáltathat értékes információkat. A módszer lehetővé teszi a virágzási fenológia és a rendelkezésre álló erőforrások szezonális dinamikájának feltárását, továbbá a beporzók táplálékforrás-választását befolyásoló tényezők azonosítását és nyomon követését is (Dominkó et al. 2023, Riggi et al. 2024, Dupont et al. 2025).

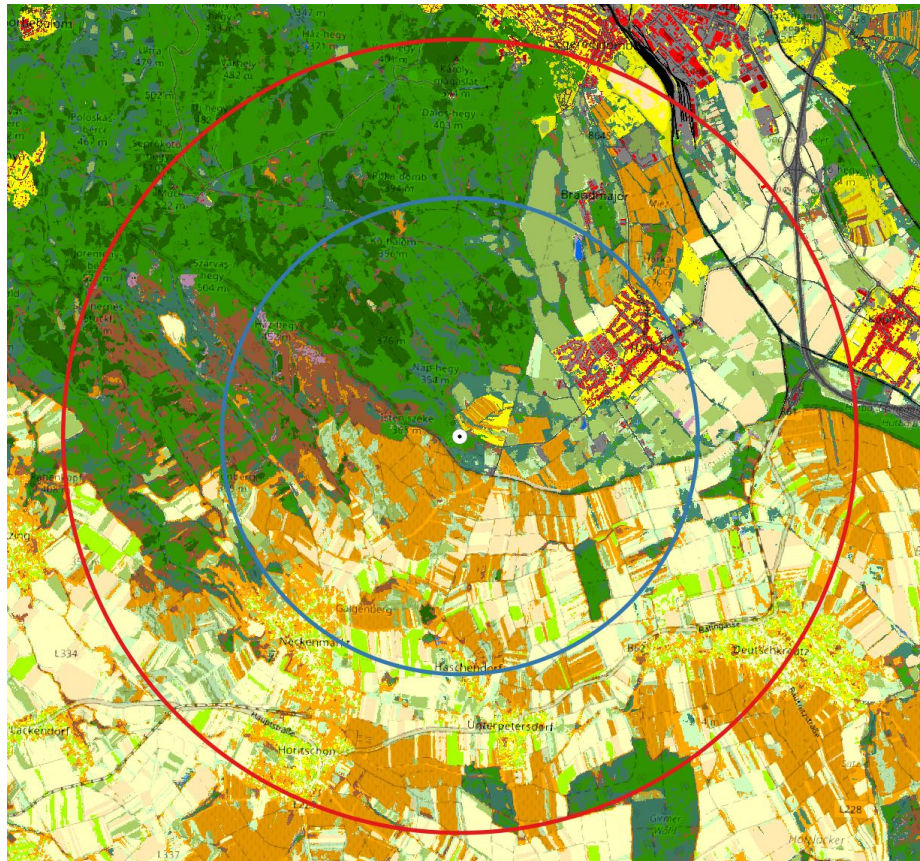
Legnagyobb előnye a többi módszerrel szemben, hogy passzív és költséghatékony, hiszen a méhek begyűjtik a mintákat, a kutatóknak pedig „csak” elemezni kell azokat. Ennek köszönhetően a méh-alapú monitorozás nemzetközi szinten is egyre nagyobb jelentőséggel bír ([http1](http://1)). Az ipari területeken, vagy az agrárintenzív tájakon, ahol fontos cél az ökoszisztémák ellenálló képességének növelése és a természetes élőhelyek rekonstrukciója, különösen hasznosak lehetnek a méh-biomonitoring alapú módszerek.

Kutatásunk célja, hogy a harkai vizsgálati területen a méhek által gyűjtött pollencsomók és mézek pollenanalízise révén feltérképezzük a beporzók által hasznosított növényfajokat. A mikroszkópos analízis lehetőséget nyújt annak feltárására, hogy a vizsgálati időszakokban mely virágos növények szolgálnak tényleges táplálékforrásként a méhek számára. Az ilyen típusú biomonitoring rávilágít a kulcsfontosságú tápláléknövényekre, valamint az esetleges táplálékhiányos periódusokra is. A módszer hozzájárulhat a beporzók életfeltételeinek javításához, hiszen az eredmények alapján célzott beavatkozásokkal, például ökológiai értékű növényfajok telepítésével fokozható a táplálékbázis sokfélesége és stabilitása. Ezen túlmenően a méh-biomonitoring alkalmazása tudományos alapot nyújthat fenntarthatóbb tájhasználati tervek kidolgozásához, valamint az ökoszisztéma-szolgáltatások megőrzéséhez is.

Anyag és módszer

A vizsgálati terület

Az 1. ábrán szereplő térkép a vizsgált agrárerdészeti terület térbeli elrendeződését és mozaikosságát szemlélteti, alapját a COPENICUS program által biztosított adatok képezik. A felszínborítási és tájhasználati kategóriák elemzéséhez a Nemzeti Nagyfelbontású Felszínborítás-réteg (National High Resolution Land Cover, NHRL) országos lefedettségű, évente frissített tematikus raszterfedvényeit használtuk, amelyek részletes információt nyújtanak a felszínborításról és bizonyos mértékben a földhasználatról. A méhészet pontos földrajzi elhelyezkedését fehér kör jelzi, míg a méhészet potenciális gyűjtőterületeit koncentrikus körökkel ábrázoltuk: a kék színű kör a 3 km-es, a piros színű kör az 5 km-es sugarú zónát reprezentálják, amelyek a mézelő növények elérhetőségét és a beporzási hatótávolságot szemléltetik.



1. ábra. A Harkán kihelyezett kísérleti méhészet vizsgálati területének műholdas képe

Figure 1. Satellite image of the experimental apiary study area located in Harka

Az 1. ábra a harkai vizsgálati terület felszínborítási képét ábrázolja, amely a 47.623639° É és 16.571528° K koordináták környékén, Győr-Moson-Sopron vármegyében, a Soproni-hegység déli lejtőin, az osztrák határ közelében található. A térség átmenetet képez a hegység erdős-dombos régiója és a keleti medencék között. A mozaikos tájszerkezetét természetes és antropogén elemek egyaránt alakítják. Az 5 km-es körzetet uraló összefüggő lombhullató erdőtömbök (gyertyán, tölgy, bükk) mellett fenyvesek, mezőgazdasági területek, szőlőültetvények, gabona- és takarmánynövény-parcellák, valamint kiskertek és gyümölcsösök is megtalálhatók ([http2](#)). A Soproni Borvidékhez tartozó déli lejtőkön a szőlőművelés kiemelt szerepet kap, míg a településekhez közeli kiskertek gyümölcsfái (alma, körte, szilva) és dísnövényei gazdagítják a növényzet diverzitását ([http3](#)).

A tájhasználati elemzés eredményei alátámasztják, hogy a méhészet agrárerdészeti jellegű, mozaikos szerkezetű környezetben helyezkedik el. A 3 és 5 km-es körzet vizsgálata magas fedéstípus-számot és kiegyensúlyozott arányokat mutat, amelyeket szőlő-, gyümölcs- és szántóföldi kultúrák, valamint lombhullató erdők, bokorfoltok és gyepek együttes jelenléte határoz meg. A fás vegetáció és az agrárterületek közelsége elősegíti a biodiverzitás fennmaradását és az ökológiai hálózatok folytonosságát, amit a beépített felszínnek alacsony aránya és a vizes élőhelyek jelenléte tovább erősít. A két

vizsgált lépték között finom szerkezeti eltérések mutatkoznak: a 3 km-es zóna heterogénebb és természetközelibb, elsősorban a fás, bokros és gyepes élőhelyek magasabb aránya miatt, így a beporzók számára kedvezőbb élőhelyet biztosít. Az 5 km-es térség agrárhasznosítási karaktere erősebb a szántóföldi területek növekvő részaránya miatt, ugyanakkor a gyümölcsösök, szőlők és gyepek jelenléte továbbra is agrárerdészeti mozaikot eredményez. Mindkét lépték komplex, beporzóbarát tájszerkezetet mutat, de a belső zóna ökológiai értéke magasabb.

Méhészeti szempontból a körzet különösen kedvező feltételeket biztosít a kihelyezett hat méhcsalád számára. A térségre jellemző erdők – különösen az akácosok, hársasok és vadcseresznyeések – bőséges nektárforrást kínálnak a virágzási időszakban. A szőlőültetvények aljnövényzete, valamint a kiskertek virágos növényei, gyümölcsfái szintén gazdagítják a méhek táplálékspektrumát. Mezőgazdasági területeken időszakiságosan előfordulhat repce vagy napraforgó is, amelyek a virágzás idején tömeges nektárhozamot biztosítanak. Az erdők egyes éveken belül mézharmat-forrásként is funkcionálhatnak, különleges ízvilágú erdei méz termelését lehetővé téve. A terület struktúrális és biológiai sokszínűsége révén a virágzási időszak szinte az egész szezonra kiterjed, ami elengedhetetlen a méhcsaládok folyamatos fejlődéséhez és a mézhhozam maximalizálásához.

A vizsgálatokhoz felhasznált minták

A vizsgált agrárerdészeti területen 2024-ben a mézminták gyűjtését az egyes méztípusok (repce, akác, gesztenye–hárs) pergetési időpontjaihoz igazítottuk. A mintavétel során minden méhcsalád által termelt mézet külön-külön pergettük ki, majd a kapott mézeket egyenként homogenizáltuk. Ezzel párhuzamosan – áprilisban, májusban és júliusban – szintén méhcsaládonként pollencsomókat gyűjtöttünk a kaptárak higiénikus tálcájáról. A vizsgálatok megkezdéséig a mintákat műanyag centrifugacsövekben, fagyasztott állapotban tároltuk, majd mikroszkópos pollenanalízisnek vetettük alá (Pendleton 2006, Barth et al. 2010, Sawyer 2010).

Melisszopalinológiai analízis

A mézminták analízise

A homogenizált mézmintából 10 g-ot mértünk ki egy 50 ml-es centrifugacsőbe, amelyhez 20 ml desztillált vizet adtunk. Az így előállított mézoldatot 10 percig centrifugáltuk (RCF = 1000g), majd a mintát 3–5 percig állni hagytuk, ezt követően a felülúszót leöntöttük. Az üledékhez újabb 10 ml desztillált vizet adtunk, majd a centrifugálási lépést megismételtük az előzőekkel azonos módon. A második centrifugálást követően ismét pihentettük a mintát 3–5 percig, majd a felülúszót eltávolítottuk. A centrifugacsőben visszamaradt szuszpenziót (kb. 20–30 µl, a méz viszkozitásától függően) mikropipettával vittük fel előkészített tárgylemezre. A tárgylemez felületét előzőleg etanollal zsírtalanítottuk, majd lakkfilccel 20×20 mm-es négyzeteket jelöltünk ki, amely a szuszpenzió felhordásának keretét képezte. A mintát a kijelölt területen egyenletesen

eloszlattuk, majd a tárgylemezt 40 °C-os (kézmeleg) hőlapon szárítottuk. A fedőlemez és a glicerín-zselatin-fukszin tartalmú beágyazószer előmelegítését 40–50 °C-on végeztük. A minta lefedését követően a fedőlemezt óvatosan ráhelyeztük a beágyazott területre, majd a preparátum széleit keretezőlakkal zártuk le a tartósság és a mikroszkópos vizsgálatra való alkalmasság érdekében (Pendleton 2006, Sawyer 2010).

A pollencsomók analízise

A vizsgálati területekről gyűjtött pollencsomó mintából 2 g-ot mértünk ki egy 50 ml-es centrifugacsőbe, majd 10 ml 70%-os etanolt adtunk hozzá. Az oldatot 3 percig centrifugáltuk 1500 rpm sebességen, ezt követően a mintát 3–5 percig állni hagytuk, majd a felülúszót eltávolítottuk. A pellethez ismét 10 ml 70%-os etanolt adtunk, és az előző lépésekkel megegyező módon újracentrifugáltuk. A második centrifugálást követően a mintát ismét pihentettük, majd a felülúszót leöntöttük. Az így kapott üledéket 1:1 arányú desztillált víz-glicerín oldattal egészítettük ki 13 ml végső térfogatig, majd 30 percig állni hagytuk, hogy az alkotórészek szuszpendálódjanak. Ezt követően a mintát újból centrifugáltuk, majd a felülúszót eltávolítottuk az előzőekhez hasonló módon. A csőben visszamaradt szuszpenzióból (20–30 µl, a minta fizikai tulajdonságaitól függően) mikropipetta segítségével lakkfilccel előkészített tárgylemezre vittünk fel mintát, egyenletes eloszlással. A tárgylemezen előzőleg 20×20 mm-es területeket jelöltünk ki, melyek a vizsgálati keretként szolgáltak. A felvitt mintát 40 °C-os hőlapon szárítottuk, majd felmelegített, folyékony glicerín-zselatin beágyazószerrel vontuk be, és fedőlemezt helyeztünk rá a preparátum lezárásához (Barth et al. 2010).

A mézekből és pollencsomókból származó mintákat fénymikroszkóppal (Carl ZEISS Axio Imager), 400× nagyítással vizsgáltuk. A preparátumok értékelése során szisztematikus pásztázással, látómezőről látómezőre haladva határoztuk meg és számláltuk meg a pollenszemeket, valamint az egyéb mikroszkopikus elemeket (például édesharmat-eredetű részecskék, gombaspórák). Mintánként 300–500 ép, jól beazonosítható pollenszemet vettünk figyelembe, a sérült vagy kiszáradt, diagnosztikus bélyegeiket elveszítő szemcséket pedig kizártuk az értékelésből.

A mikroszkópos pollenanalízis eredményeinek feldolgozása során mintánként jellemzően jelentős számú (20–110) növényfajt azonosítottunk. A faj szinten azonosított pollenek gyakoriságát százalékban határoztuk meg, majd a fajokat növénycsaládokba soroltuk.

Önálló besorolást azok a családok kaptak, amelyek a teljes összetételhez viszonyítva elérték a 3%-os arányt, míg az ennél kisebb mennyiségben előforduló növénycsaládokat az „egyéb” kategóriába soroltuk. Ezt a módszert a Louveaux által 1978-ban meghatározott, a mézben található pollenek relatív gyakorisági osztályozása alapján alkalmaztuk, amely szerint egy adott pollenfaj 45% feletti előfordulása esetén „nagyon gyakori” vagy vezérpollen, 16–45% között „gyakori” vagy kíséőpollen, 4–15% között „izolált pollen”, míg 3% alatt „ritka pollen” kategóriába tartozik. Emellett figyelembe vettük, hogy bár a méhek számos növényfajról elsősorban nektárt gyűjtenek, a virágok

meglátogatása során a testükre tapadó pollenszemek is bekerülhetnek a pollencsomókba, így több esetben előfordult, hogy bizonyos növényfajokat csupán néhány (1–2) pollenszemcse képviselt.

A 2., 3. és 4. ábrákon az egyes növénycsaládok többször is megtalálhatóak, eltérő színnel jelölve. Ennek magyarázata, hogy bizonyos, a méhek által különösen kedvelt növénycsaládok – mint például az Asteraceae és a Fabaceae – fajai olyan nagy változatosságot mutattak a mintákban, hogy célszerűbb és áttekinthetőbb volt alkategóriákba sorolva ábrázolni, annak a konkrét növényfajnak a megjelölésével, amely dominált a mintában. Emiatt a Brassicaceae fajok mellett szerepel az áprilisban és májusban gyűjtött kaptártermékek után, hogy „főleg *Brassica napus*”, ami azzal magyarázható, hogy elsősorban káposztarepcét gyűjtöttek a méhek a mezőgazdasági területekről, ugyanakkor útszéli zsázsa (*Lepidium draba*) és pásztortáska (*Capsella bursa-pastoris*) is jelen volt a mintákban. Ezzel szemben a júliusban gyűjtött Brassicaceae fajok a vadkelés, vagy a zöldítés céljából vetett repce, illetve mustárfajok nagy arányával magyarázható. A májusban pergetett mézminták esetében szintén megkülönböztetésre került a Fabaceae (*Robinia pseudoacacia*) és a Fabaceae (*Trifolium* spp.) növénycsalád, mivel mindkettő esetében jelentősebb mennyiséget gyűjtöttek a méhek. A júliusban gyűjtött pollencsomók esetében emiatt az Asteraceae növénycsaládon belül külön jelöltük a bogáncs (*Carduus* spp.), az egynyári seprence (*Erigeron annuus*), magas aranyvessző (*Solidago gigantea*), a napraforgó (*Helianthus annuus*) és a mezei katáng (*Cychorium intybus*) fajokat. Ez a megközelítés elősegíti a pollenspektrum pontosabb értelmezését és a különböző fajok megkülönböztetését a mintákban, illetve elkülöníti a mezőgazdaság hatását a természetes vegetációtól.

Eredmények és megvitatásuk

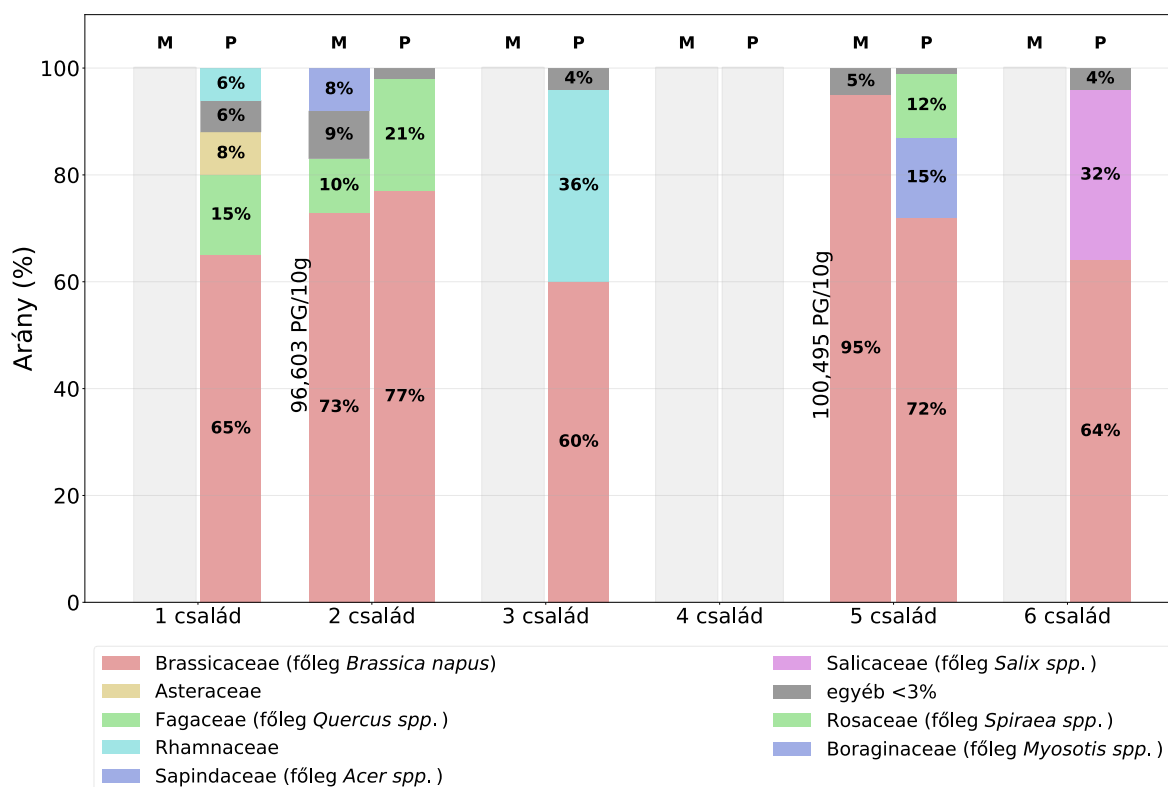
Április és május folyamán öt méhcsaládtól sikerült pollencsomókat gyűjtenünk, mivel a 4-es számú kaptár méhcsaládja nem élte túl a téli időszakot. Júniusban azonban az 5-ös számú család megrajzásának következtében újraépült a 4-es kaptár közössége, így júliusban már mind a hat vizsgált méhcsalád alkalmas volt mintavételre. A mézminták esetében áprilisban kizárólag a 2-es és az 5-ös család lépei tartalmaztak elegendő, pergetésre alkalmas mennyiségű, fedett mézet. Májusban az 1., 2., 5. és 6. család termelt megfelelő mennyiséget, míg júliusban a 2., 3., 4., 5. és 6. családtól tudtunk mézmintát venni. Azokban a családokban, ahol a gyűjtött mennyiség nem érte el az etikus mintavételhez szükséges szintet, a méz elvétele elmaradt, hogy ne veszélyeztessük a kolóniák táplálékkészletét.

Az áprilisban pergetett repceméz és az ezzel egyidőben gyűjtött pollencsomók eredményei

A 2024 áprilisában gyűjtött pollencsomók és az azokkal egy időben pergetett repceméz összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a pollencsomók fajgazdagsága lényeg-

gesen meghaladta a mézekét (2. ábra). A növényi összetétel méhcsaládonként is jelentős eltéréseket mutatott, a Brassicaceae fajok dominanciáját leszámítva. A vizsgált pollencsomók átlagosan 67,6%-át (min. 60%–max. 77%) tette ki, míg a mézminták esetében átlagosan 84%-át (min. 73%–max. 95%) alkották a Brassicaceae fajok. A minták alapján egyes családok pollenforrásai markánsan különböztek egymástól, ami a környezeti kínálat és a méhek eltérő gyűjtési stratégiájának következménye lehet.

A vizsgált pollencsomókban a Brassicaceae fajok mellett nagy arányban fordultak elő tölgy- és juharfajok, valamint bengefélék, továbbá a hatos számú méhcsalád esetében fűzfélék is kimutathatók voltak. Ezzel szemben a mézmintákban a gyöngyvenesző (*Spiraea* spp.) és a nefelejcs (*Myosotis* spp.) fajok domináltak. Az „egyéb fajok” kategóriát a pollencsomók esetében az Asteraceae család tagjai, elsősorban pitypang (*Taraxacum* spp.), valamint som (*Cornus* spp.) és árvacsálán (*Lamium* spp.) fajok alkották, míg a mézeknél ebbe a csoportba a nyír (*Betula* spp.), dió (*Juglans* spp.), here (*Trifolium* spp.), eperfa (*Morus* spp.) és a Rosaceae családhoz tartozó gyümölcsfajok (pl. cseresznye, alma) tartoztak.



1. ábra. A harkai agrárerdészeti területéről 2024. 04. 30-án gyűjtött pollencsomók (P) és pergetett mézek (M) pollenanalízisének eredményei

Figure 2. Results of pollen analysis of pollen pellets (P) collected and honeys (M) extracted from the Harka agroforestry area on 30 April 2024

A mézek abszolút pollenszáma (a 10 g mézben található pollenszemek darabszáma) a repceméz esetében fajtamézként jellemzően meghaladja a 100 000-es értéket, ami a

fajta felülreprezentált pollenszámának következménye. E küszöbérték alá esett a második méhcsalád által gyűjtött minta, minimális mértékben. Ez arra enged következtetni, hogy bár a keresztesvirágúak (Brassicaceae) kifejezetten erős vonzóhatást gyakorolnak a méhekre – elsősorban magas nektárhozamuk, könnyen hozzáférhető virág szerkezetük és a kora tavaszi időszakban kínált bőséges pollenforrásuk miatt –, az agrárerdészeti terület nagyfokú fajgazdagsága lehetőséget teremtett a nektárforrások szélesebb körű kihasználására. Ennek következtében az adott méhcsalád által begyűjtött nektár összetétele jóval változatosabb lett, mint amit kizárólag a Brassicaceae fajokra támaszkodó gyűjtési aktivitás eredményezne. Ez a jelenség rávilágít arra, hogy a heterogén élőhelyek – ahol erdőszegélyek, gyümölcsösök, szőlőültetvények és természetes gyepek egyaránt jelen vannak – elősegítik a méhcsaládok kiegyensúlyozott táplálékellátását, ami hosszú távon a kolóniák egészségi állapotát és termelőképességét is javíthatja.

A májusban pergetett akácméz és az ezzel egyidőben gyűjtött pollencsomók eredményei

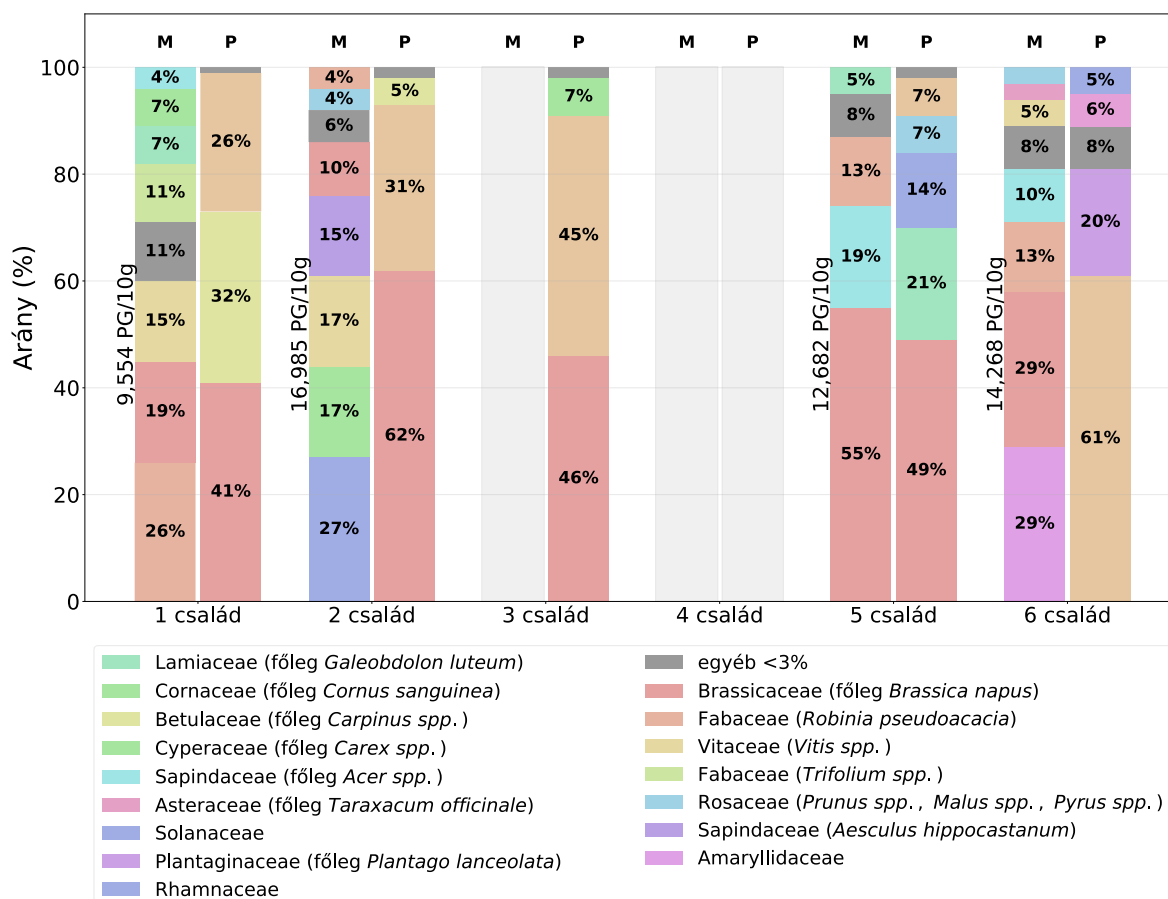
Az akácméz és az ugyanebben az időszakban gyűjtött pollencsomók mikroszkópos pollenanalízise nagyobb eltéréseket mutatott, mint az előző hónapban pergetett repceméz és a hozzá tartozó pollenminták összehasonlítása. A különbségek mind a kap-
tártermékek (méz, pollencsomó) botanikai összetételében, mind az egyes méhcsaládok gyűjtési preferenciáiban megfigyelhetők (3. ábra).

A mézmintákban a Brassicaceae fajok pollenjei továbbra is jelentős arányban voltak jelen (átlagosan 28,25%, minimum 10%, maximum 55%), míg a pollencsomókban e csoport aránya jóval alacsonyabbnak bizonyult. Utóbbiaknál az árvacsalánfélék – különösen az erdei sárgaárvacsalán (*Lamium galeobdolon*) – (átlagosan 39,6%; min. 0%, max. 62%) és a veresgyűrű som (*Cornus sanguinea*) (átlagosan 34%; min. 7%, max. 61%) domináltak. A hatos méhcsalád gyűjtési mintázata különösen eltért a többitől: náluk az árvacsalánfajok kizárólag az „egyéb” kategóriában fordultak elő, viszont jelentős mennyiségben (20%) gyűjtöttek útifűféléket, főként lándzsás útifűvet (*Plantago lanceolata*).

Érdekes megfigyelés, hogy juharpollen (*Acer* spp.) kizárólag az ötös család pollencsomóiban volt kimutatható (21%), míg mézmintákban az 5. és 6. családnál jelent meg (19% és 10%). Ezen túlmenően a harmadik méhcsaládnál egyedülként fordult elő sás (*Carex* spp.) pollen, ami feltehetően a közeli vizes élőhelyek jelenlétére utal.

A mézminták esetében a Brassicaceae fajok mellett viszonylag nagy százalékban volt még kimutatható a szőlő (*Vitis* spp.) átlagosan 9,25% (min. 5%–max. 17%) pollen, amely valószínűleg a környéken elterjedt borászati tevékenységből fakadó szőlőültetvényekkel magyarázható. Fontos mérőszám még a mézminták esetében, hogy az aktuális Európai Szabvány szerint (2001/110/EK) az a méz tekinthető akác fajtaméznek, amelyben az akácpollen százalékos értéke meghaladja a 15%-ot és abszolút pollenszáma nem haladja meg a 20.000 PG/10g-ot (fajtamézek alulreprezentált pollenszám-

mal). Míg a pollensűrűség értéke minden vizsgált méhcsalád által gyűjtött méz esetében teljesül, addig az akácpollen százalékos értéke csak az első méhcsalád által gyűjtött akácméz esetében felelt meg az előírásoknak (26%). Az ötödik és a hatodik méhcsalád által gyűjtött mézek esetében egyaránt 13% volt az akácpollen aránya. Legkevesebb akácpollent a második méhcsalád által gyűjtött méz tartalmazott, mindössze 3%.



2. ábra. A harkai agrárerdészeti területről 2024. 05. 16-án gyűjtött pollencsomók (P) és pergetett mézek (M) pollenanalízisének eredményei

Figure 3. Results of pollen analysis of pollen pellets (P) collected and honeys (M) extracted from the Harka agroforestry area on 16 May 2024

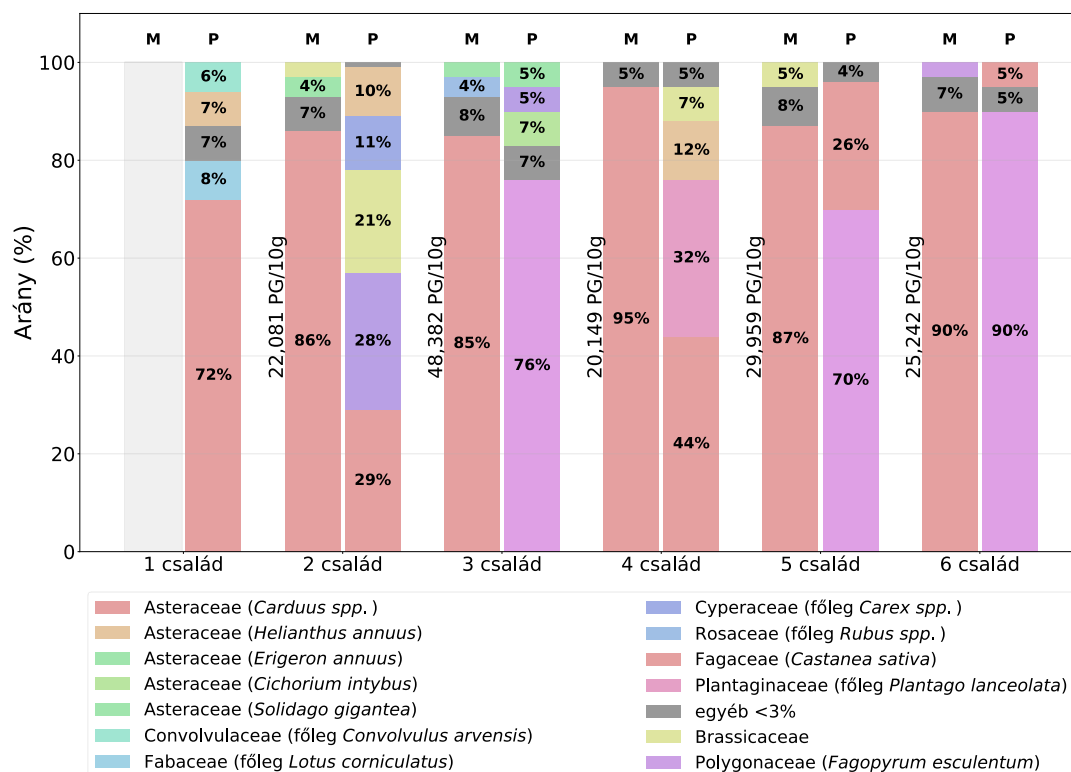
Az akácmézek összetételének az 3. ábrán látható változatossága a terület diverzitásával magyarázható, hiszen a méhek bőségesen válogathatnak a vizsgált agrárerdészeti területen a nektárforrások között. Valamint az akác rengeteg nektárt, de kevés pollent termel, amely szintén befolyásolhatja, illetve torzíthatja a kapott eredményt.

Továbbá az eredmények rávilágítanak, hogy az akác virágzási időszakában a méhek nektár- és pollenforrásai közötti átfedés mérsékelte, ami a táplálékszerzés során megfigyelhető forrásmegosztásra és preferenciakülönbségekre utalhat. Ez a jelenség fontos ökológiai indikátor lehet, mivel a kaptártermékek eltérő forrásreprezentációja lehetőséget ad a házi méhek preferenciáinak megismerésére és a környezeti kínálat részletesebb feltérképezésére.

A júliusban pergetett hárs-gesztenye méz és az ezzel egyidőben gyűjtött pollencsomók eredményei

A 4. ábra a hárs-gesztenye méz és az azzal egyidőben gyűjtött pollencsomók eredményeit mutatja be méhcsaládonkénti eloszlásban. A mézmintákat a hárs–gesztenye kategóriába soroltuk, mivel a pollenanalízis eredményei gesztenyemézre utalnak, az érzékszervi jellemzők (szín, illat) és az abszolút pollenszám értékei erőteljesen jelzik a hárs jelenlétét. Ennek háttérében az állhat, hogy a méhek a szelídgesztenyéről (*Castanea sativa*) jelentős mennyiségű pollent gyűjtenek, ugyanakkor a nektár nagy része a hársokról (*Tilia* spp.) származik. Mivel a hárs pollenje alulreprezentált a mézekben, alacsony százalékos aránya ellenére is meghatározó nektárforrás lehet.

A méhcsaládonként külön gyűjtött mézekben a gesztenyepollen dominált (85–95%), míg a pollencsomók megoszlása lényegesen heterogénebb képet mutatott. A 3., 5. és 6. család esetében a szelídgesztenye pollen aránya volt a legmagasabb (76%, 70%, 90%), míg az 1., 2. és 4. családoknál az őszirózsafélék (*Asteraceae*) domináltak (85%, 75%, 63%). Az *Asteraceae* csoporton belül főként különböző bogáncsfajokat részesítettek előnyben (72%, 29%, 44%). Ugyanezen családoknál jelentős volt a napraforgó pollen aránya is (7%, 10%, 12%), továbbá a 2. és 4. családnál az egynyári seprence előfordulása. Magas aranyvessző csak a 2. családnál, mezei katáng pedig kizárólag a 3. családnál jelent meg, más esetekben ezek az „egyéb” kategóriába kerültek.



3. ábra. A harkai agrárerdészeti területről 2024. 07. 17-én gyűjtött pollencsomók (P) és pergetett mézek (M) pollenanalízisének eredményei

Figure 4. Results of pollen analysis of pollen pellets (P) collected and honeys (M) extracted from the Harka agroforestry area on 17 July 2024

Érdekes megfigyelés, hogy a 4. méhcsalád – amely újonnan alakult – jelentős mennyiségben (32%) gyűjtött útifűfélét (*Plantago* spp.), amely korábban, májusban csak a 6. családra volt jellemző. A mézminták közül kizárólag a 4. család esetében volt a szelídgesztenye pollen aránya a legmagasabb (95%), és nem mutatható ki bennük más növénycsalád jelentős mennyiségben. Ez arra utalhat, hogy a még gyengébb fejlődési állapotban lévő család inkább a legközelebb elérhető, könnyen hozzáférhető virágforrásokat részesíti előnyben.

A gesztenyepollen mellett a mézekben a mezőgazdasági tevékenység hatására megjelenő növények pollenjei is kimutathatók voltak, például különböző keresztesvirágúak és a hajdina (*Fagopyrum esculentum*). E fajok jelenléte feltehetően a zöldítési programok, másodvetések és vadkelések eredménye, ami jól mutatja a környező agrárterületek befolyását a méhlegelő összetételére.

A három vizsgált hónap kaptártermékeinek általános eredményei

A három vizsgálati hónap (április, május, július) méz- és pollencsomó-mintáinak összehasonlítása alapján általánosságban elmondható, hogy áprilisban és júliusban a pollencsomók mutattak nagyobb növénycsalád-diverzitást, míg májusban éppen a mézminták bizonyultak fajgazdagabbnak. Ez a különbség azzal magyarázható, hogy a repce és a szelídgesztenye pollenje felülreprezentált a mintákban, míg a fehér akác pollenje alulreprezentált, így a mézben és a pollencsomókban eltérően jelenik meg a fajgazdagság. Legnagyobb különbség az azonos hónapban gyűjtött pollencsomók és a mézek között májusban mutatkozott.

A vizsgált időszak valamennyi mézmintájában kimutatható volt a Brassicaceae család pollenje, elsősorban a káposztarepce dominanciájával. Ez a jelenség összefüggésbe hozható a repcefélék elhúzódó, időnként szinte folyamatos virágzásával, amelyet a zöldítési technológiák (pl. vetésforgóba illesztett másodvetések, takarónövény-keverékek) elterjedése tovább erősíthet. E mezőgazdasági gyakorlatok meghosszabbítják a keresztesvirágú fajok virágzási időszakát, folyamatos forrást biztosítva a méhek számára.

A „<3% egyéb” kategóriába sorolt fajok aránya átlagosan nagyobb volt a mézekben (7,41%), mint a pollencsomókban (3,74%). Ez arra utal, hogy a méhek nektárgyűjtési preferenciái eltérhetnek a pollenforrásokra vonatkozó adatokból levonható következtetésektől. A mikroszkópos vizsgálatok azt mutatták, hogy amennyiben a pollenforrások korlátozottabbak, a méhek a nektárgyűjtés során több, akár alacsony pollentermelésű növényfaj virágát is felkeresik. Az ilyen fajok pollenje gyakran kisebb mennyiségben, de rendszeresen megjelenik a mintákban.

Áprilisban az „egyéb” kategóriába főként különböző fenyőfajok pollenje tartozott, de valamennyi mintában jelen voltak a Rosaceae, Papaveraceae és Poaceae családok képviselői, a csalán (*Urtica dioica*), a fehér libatop (*Chenopodium album*), a fekete üröm (*Artemisia vulgaris*), a kukorica (*Zea mays*) és a mezei varfű (*Knautia arvensis*). Júliusban a mézminták „egyéb” kategóriájába a hárs pollenje került, amely alacsony mennyisége ellenére is fontos nektárforrás.

A kiskertek és a települési környezet hatása egyértelműen megmutatkozott a mintákban: kimutatható volt többek között a ribiszke (*Ribes* spp.), a magnólia (*Magnolia* spp.), a lilaakác (*Wisteria sinensis*), különböző tuja fajok (*Thuja* spp.), a trombitafolyondár (*Campsis radicans*), valamint dísznövények, például a kúpvirág (*Rudbeckia* spp.) és a nyári orgona (*Buddleja davidii*).

A kaptártermékek összetételében tapasztalt jelentős méhcsaládok közötti eltérések, valamint a növényfajok preferáltságában mutatkozó változatosság arra utal, hogy a vizsgálati területen bőséges és változatos pollen- és nektárforrás állt a méhcsaládok rendelkezésére, lehetővé téve az eltérő gyűjtési stratégiák kialakulását.

Következtetések

Eredményeink alapján elmondható, hogy egy adott terület növényi diverzitásának méh-biomonitoring módszerrel történő felmérése során indokolt a különböző kaptártermékek – elsősorban a méz- és a pollencsomó minták – elkülönített vizsgálata. Kutatási eredményeink alapján megerősítést nyert, hogy e két minta eltérő, ugyanakkor egymást kiegészítő információkat hordoz a méhkaptárak környezetéről, különös tekintettel a helyi flórára, valamint a házi méhek gyűjtési preferenciáira.

A mézminták elsősorban a nektárforrásokat reprezentálják, így azok növénytani összetétele értékes információval szolgál a vizsgált terület általános növényzetéről, valamint a méz botanikai eredetéről. Ezzel szemben a pollencsomók közvetlen és reprezentatív képet nyújtanak a méhek által gyűjtött virágpor összetételéről, amely nemcsak a pollenforrások elérhetőségére enged következtetni, hanem a méhek táplálkozási szokásaira, jóllétére és a vegetációs sokféleségére is.

A két minta együttes, mikroszkópos pollenanalízisen alapuló vizsgálata lehetővé teszi a méhlegelők és a helyi ökoszisztéma sokoldalú feltérképezését. Az ilyen korrelált vizsgálatok hosszú távú monitorozásra is alkalmasak lehetnek, amely segítségével nyomon követhetővé válik a biodiverzitás időbeli változása (invazív, illetve védett növényfajok megjelenése, eltűnése).

Egy olyan, nagy méhsűrűségű régióban, mint Magyarország, a méhlegelők biomonitoring-alapú feltérképezése kulcsfontosságú lehet az egyes tájak méhcsalád-eltartó képességének értelmezésében. A gyűjtési szokások részletes megismerése emellett lehetőséget teremt az ipari, urbanizált és mezőgazdasági területek beporzóbarát átalakítására is, például célzott növénytelepítéssel vagy élőhely-rekonstrukcióval. Ilyen módon a biomonitoring eredményei nem csupán a terhelhetőség meghatározását segítik, hanem hozzájárulnak a beporzók számára megfelelő élőhelyek fenntartásához, valamint a táji léptékű, fenntartható ökológiai gazdálkodás megerősítéséhez is.

Köszönetnyilvánítás

A 2024-2.1.1-EKÖP-2024-00007 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, az EKÖP-24-4-I pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalom

- Barnes M. A., Turner C. R. 2016. The ecology of environmental DNA and implications for conservation genetics. *Conserv Genet*, 17: 1–17 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10592-015-0775-4>
- Barth O. M., Freitas A. S., Oliveira E. S., Silva R. A., Maester F. M., Andrella R. R., Cardozo G. M. 2010. Evaluation of the botanical origin of commercial dry bee pollen load batches using pollen analysis: a proposal for technical standardization. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 82(4): 893–902. <https://doi.org/10.1590/s0001-37652010000400011>
- Bazrgar A. B., Ng A., Coleman B., Ashiq M. W., Gordon A., Thevathasan N. 2020. Long-Term Monitoring of Soil Carbon Sequestration in Woody and Herbaceous Bioenergy Crop Production Systems on Marginal Lands in Southern Ontario, Canada. *Sustainability*, 12(9): 3901. <https://doi.org/10.3390/su12093901>
- Bentrup G., Hopwood J., Adamson N. L., Vaughan M. 2019. Temperate Agroforestry Systems and Insect Pollinators: A Review. *Forests*, 10(11): 981. <https://doi.org/10.3390/f10110981>
- Bergen K. M., Goetz S. J., Dubayah R. O., Henebry G. M., Hunsaker C. T., Imhoff M. L., Nelson R. F., Parker G. G., Radeloff V. C. 2009. Remote sensing of vegetation 3-D structure for biodiversity and habitat: Review and implications for lidar and radar spaceborne missions, *J. Geophys. Res.*, 114: G00E06. <https://doi.org/10.1029/2008JG000883>
- Borovics A., Somogyi N., Honfy V., Keserű Zs., Gyuricza Cs. 2017. Agrárerdészeti, a klímatudatos, természeti közeli termelési mód. *Erdészeti Lapok*, 6: 178–182. https://erdeszetilapok.oszk.hu/01825/pdf/EPA01192_erdeszeti_lapok_2017-06_178-182.pdf
- Bullock C., Kretsch C., Candon E. 2007. The Economic and Social Aspects of Biodiversity: Benefits and Costs of Biodiversity in Ireland. Government publications. Dublin. ISBN: 978-1-4064-2105-7. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.12736.92169>
- Chen Y., Wang R. H., Shen T. J. 2023. Biodiversity survey and estimation for line-transect sampling. *Frontiers in Plant Science*, 14:1159090. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1159090>
- Crowther L. I., Gilbert F. 2020. The effect of agri-environment schemes on bees on Shropshire farms. *Journal for Nature Conservation*, 58: 125895. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125895>
- Deiner K., Bik H. M., Mächler E., Seymour M., Lacoursière-Roussel A., Altermatt F., Creer S., Bista I., Lodge D. M., de Vere N., Pfrender M. E., Bernatchez L. 2017. Environmental DNA metabarcoding: Transforming how we survey animal and plant communities. *Molecular ecology*, 26(21): 5872–5895. <https://doi.org/10.1111/mec.14350>
- Den Herder M., Moreno G., Mosquera-Losada R.M., Palma J. H., Sidiropoulou A., Freijanes J. J. S., Crous-Duran J., Paulo J. A., Tomé M., Pantera A., Papanastasis V. P., Mantzanas K., Pachana P., Papadopoulos A., Plieninger T., Burgess P. J. 2017. Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agriculture Ecosystems & Environment*. 241: 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.005>
- Dhaliwal J., Kukal S. S., Sharma S. 2018. Soil organic carbon stock in relation to aggregate size and stability under tree-based cropping systems in Typic Ustochrepts. *Agroforest Syst*, 92: 275–284 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0103-8>
- Dominkó E., Kovács Z., Rétfalvi T. 2023. The Role of Pollen Analysis in the Sustainable Development. *Chemical Engineering Transactions*, 107: 673–678. <https://doi.org/10.3303/CET23107113>
- Dupont Y. L., Balsby T. J. S., Greve M. B., Marcussen L. K., Kryger P. 2025. Spatio-temporal variation in pollen collected by honey bees (*Apis mellifera*) in rural-urban mosaic landscapes in Northern Europe. *PloS one*, 20(2): e0309190. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309190>
- Elagib N. A., Al-Saidi M. 2020. Balancing the benefits from the water–energy–land–food nexus through agroforestry in the Sahel. *Science of The Total Environment*, 742: 140509. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140509>
- Forbes H., Shelamorf V., Visch W., Lay C. 2022. Farms and forests: evaluating the biodiversity benefits of kelp aquaculture. *J Appl Phycol*, 34: 3059–3067. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02822-y>

- Guo X., Coops N. C., Tompalski P., Nielsen S. E., Bater C. W., Stadt J. J. 2017. Regional mapping of vegetation structure for biodiversity monitoring using airborne lidar data. *Ecological Informatics*, 38: 50-61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.01.005>
- Gurr G. M., Wratten S. D., Luna J. M. 2003. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. *Basic and Applied ecology*, 4: 107-116. <https://doi.org/10.1078/1439-1791-00122>
- Jose S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, 76: 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- Lal R., Stewart B.A. 2012. *World soil resources and food security*. CRC Press. Taylor & Francis Group. International Standard Book Number-13: 978-1-4398-4451-9
- Leakey R. R. B. 1996. Definition of agroforestry revisited. *Agroforestry Today*, 8: 5-7.
- McGeogh M. A. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews/Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 73(2): 181-201. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185x.1997.tb00029.x>
- Mosquera-Losada M. R., Santiago-Freijanes J. J., Rois M., Moreno G., Pisanelly A., Lamersdorf N., den Herder M., Burguess P., Fernández-Lorenzo J. L., González-Hernández P., Rigueiro-Rodríguez A. 2016. CAP and agroforestry practices in Europe. Book of abstracts. 3rd European Agroforestry Conference: Celebrating 20 years of Agroforestry research in Europe, Montpellier. 2016. 429-430. https://repositorio.ulisboa.pt/bitstream/10400.5/17577/1/EURAFIIIConf_Mosquera_Losada_MR_et_all_page_429_431.pdf
- Mosquera-Losada M. R., Santiago-Freijanes J. J., Rois-Díaz M., Moreno G., den Herder M., Aldrey-Vázquez J. A., Ferreira-Domínguez N., Pantera A., Pisanelli A., Rigueiro-Rodríguez A. 2018. Agroforestry in Europe: A land management policy tool to combat climate change. *Land Use Policy*. 78: 603-613. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.06.052>
- Mutegi J. K., Mugendi D. N., Verchot L. V., Kungu J.B. 2008. Combining napier grass with leguminous shrubs in contour hedgerows controls soil erosion without competing with crops. *Agroforestry Systems*, 74(1): 37-49. <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9152-3>
- Nair P. K. R. 1993. *An introduction to agroforestry*. Klgwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Nair P. K. R. 2011. Agroforestry Systems and Environmental Quality: Introduction. *Journal of Environmental Quality*, 40(3): 784-790. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0076>
- Pardon P., Reubens B., Reheul D., Mertens J., De Frenne P., Coussement T., Janssens P., Verheyen K. 2017. Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 247: 98-111. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.018>
- Pendleton M. 2006. Descriptions of melissopalynological methods involving centrifugation should include data for calculating Relative Centrifugal Force (RCF) or should express data in units of RCF or gravities (g). *Grana*. 45(1): 71-72. <https://doi.org/10.1080/00173130500520479>
- Potts S. G., Biesmeijer J. C., Kremen C., Neumann P., Schweiger O., Kunin W.E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6): 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Riggi L. G. A., Raderschall C. A., Fijen T. P. M., Scheper J., Smith H. G., Kleijn D., Holzschuh A., Aguilera G., Badenhausser I., Bänsch S., Beyer N., Blitzer E.J., Bommarco R., Danforth B., González-Varo J. P., Grab H., Le Provost G., Koveda K., Potts S. G., Rundlöf M., Steffan-Dewenter I., Tscharnkte T., Vilà M., Westphal C., Berggren Å., Lundin O. 2024. Early-season mass-flowering crop cover dilutes wild bee abundance and species richness in temperate regions: A quantitative synthesis. *Journal of Applied Ecology*, 61(3): 452-464. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14566>
- Sahu A., Kumar N., Singh C.P., Singh M. 2023. Environmental DNA (eDNA): Powerful technique for biodiversity conservation. *Journal for Nature Conservation*, 71: 126325. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022.126325>
- Sawyer R. 2010. *Honey Identification*. Cardiff Academic Press, ISBN 978-1-904846-53-6
- Szabó K., Koponicsné Györke D. 2021. Agrárerdészeti megoldások helye az EU 2021-2027-es új pénzügyi keretében. In: *Agrárerdészeti megoldások a vidékfejlesztés gyakorlatában*, pp.83-91. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campusa, ISBN 978-615-5599-84-2

- Torralba M., Fagerholm N., Burgess P. J., Moreno G., Plieninger T. 2016. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 230: 150–161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>
- Udawatta R.P., Rankoth L., Jose S. 2019. Agroforestry and Biodiversity. *Sustainability*, 11(10): 2879. <https://doi.org/10.3390/su11102879>
- Udawatta R. P., Rankoth L. M., Jose S. 2021: Agroforestry for Biodiversity Conservation. In: Udawatta R.P., Jose S. (eds) *Agroforestry and Ecosystem Services*, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80060-4_10
- Van Noordwijk M. 2019. Sustainable development through trees on farms: agroforestry in its fifth decade. World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Varah A., Jones H., Smith J., Potts S. G. 2020. Temperate agroforestry systems provide greater pollination service than monoculture. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 301: 107031. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107031>
- Vityi A., Marosvölgyi B., Kiss A., Schettler P. 2015. Research and Development Protocol for Arable Agroforestry in Hungary Group. Milestone MS16 Part of Experimental Protocol for Arable Farmers for the EU FP7 Research Project AGFORWARD.
- Yadav A., Gendley M. K., Sahu J., Patel P. K., Chandraker K., Dubey A. 2019. Silvopastoral system: A prototype of livestock agroforestry. *The Pharma Innovation Journal*, 8(2): 76-82.
- Zhang Q., Zhang M., Zhou P., Fang Y., Ji Y. 2018. Impact of tree species on barley rhizosphere-associated fungi in an agroforestry ecosystem as revealed by 18S rDNA PCR-DGGE. *Agrofor Systems*, 92: 541–554. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0086-5>

Hivatkozott jogszabályok és rendeletek

- A Magyar Élelmiszerkönyv 2002. 1-3-2001/110 számú előírása a mézről 10. melléklet a 152/2009. (XI. 12.) FVM rendelethe

Internetes források

- http1 beeodiversity.com Hozzáférés: 2025. 06. 12.
- http2 <https://natura.2000.hu/hu> Hozzáférés: 2025. 06. 12.
- http3 <https://www.boraszportal.hu/magyarorszag-borvidekei/soproni-borvidek-5>
Hozzáférés: 2025. 06. 12.

Bee biomonitoring: development of a biodiversity assessment method based on pollen analysis

E. DOMINKÓ¹, D. SCHMIDT¹, Á. CSISZÁR¹, G. ZAGYVAI¹, T. RÉTFALVI¹

¹ University of Sopron, Faculty of Forestry, Institute of Environmental Protection and Nature Conservation, 9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky Street 4., e-mail: dominko.emese@uni-sopron.hu

Keywords: agroforestry, bee biomonitoring, microscopic pollen analysis, biodiversity

Abstract: Our research aimed to assess the biodiversity within a 3-5 km radius of an agroforestry system in Harka. We did this by conducting a microscopic pollen analysis of honey and pollen loads from six bee colonies. Honey samples are excellent indicators of nectar sources, while pollen loads directly show pollen origin. By analyzing both, we gained comprehensive insights into the local flora and the foraging patterns of pollinators. Our findings reveal that the agroforestry environment provides a species-rich and stable food base, which is crucial for promoting pollinator health and ensuring sustainable honey production. We observed significant differences in the nectar and pollen source preferences among the six bee colonies, highlighting the diversity of local vegetation and the unique foraging behaviors of the bees. Looking at our three-month study period, pollen loads showed greater plant family diversity in April and July, while honey samples exhibited higher diversity in May. This could be linked to the overrepresentation of certain species like *Brassica napus* and *Castanea sativa*, and the underrepresentation of *Robinia pseudoacacia* in pollen counts. Interestingly, pollen from the Brassicaceae family was present in all honey samples, likely due to the prolonged flowering of rapeseed and greening practices in the area. The discrepancies between the honey and pollen sample compositions suggest that bees' preferences for nectar and pollen sources can differ. It also indicates that our study area offered a rich and varied food supply for the bee colonies. Analyzing these two hive products together is a valuable method for mapping apiaries and ecosystem structure, and for long-term monitoring. This approach can ultimately help in developing pollinator-friendly habitat management and plant-introduction strategies.

A műre a Creative Commons4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:

CC-BY-NC-ND-4.0.

This work is licensed under a

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

