

SOPRONI EGYETEM
Erdőmérnöki Kar

Doktori (PhD) értekezés tézisei

AGRÁRERDÉSZETI TERÜLETEK VIZSGÁLATA MÉH-BIOMONITORING
ALKALMAZÁSÁVAL

Dominkó Emese

Sopron
2025

Soproni Egyetem
Erdőmérnöki Kar

Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola
Doktori Iskola Vezetője: Prof. Dr. Faragó Sándor akadémikus

Erdei ökoszisztémák ökológiája és az erdőgazdálkodás biológiai alapjai Program
Programvezető: Prof. Dr. Lakatos Ferenc

Témavezetők: Dr. Rétfalvi Tamás
Dr. Kovács Zoltán

Tartalomjegyzék

1.	A téma aktualitása	4
2.	A kutatás célkitűzései	5
3.	Vizsgálati anyag és módszer	6
4.	A kutatás eredményei, következtetések és tézisek	8
5.	Az értekezés témakörében megjelent publikációk	10

1. A téma aktualitása

Világszerte egyre nagyobb hangsúlyt kapnak az agrárerdészeti rendszerek mint a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás és annak negatív hatásainak mérséklését szolgáló megoldások. A fás szárú növények, mezőgazdasági kultúrák és állatok integrált termesztése számos ökoszisztéma-szolgáltatást eredményez: javítja a talaj vízháztartását, csökkenti az eróziót, fokozza a szénmegkötést és növeli a biodiverzitást. Az agrárerdészet tájleptékkü megközelítésben kulcsszerepet játszik a fenntartható tájhasználat kialakításában, mivel egyesíti a mezőgazdasági termelést és az ökológiai funkciókat, ezáltal hozzájárul a vidéki térségek környezeti és gazdasági stabilitásához. A strukturálisan változatos élőhelyek kedvező feltételeket biztosítanak a beporzók számára, stabilabb nektár- és pollenforrásokat teremtve, ami hozzájárul a méhcsaládok egészségének megőrzéséhez és a méztermelés fenntarthatóságához.

A biodiverzitás monitorozásának egyik korszerű és költséghatékony módszere a méhbiomonitoring, amely a házi méhek (*Apis mellifera*) által gyűjtött kaptártermékek – pollen, méz, propolisz és viasz – elemzésén alapul. A méhek bioindikátorként nagy területről gyűjtenek reprezentatív mintát, lehetővé téve a környezeti állapot integrált értékelését. A pollenminták vizsgálata révén részletes információ nyerhető a vegetáció fajösszetételéről, a virágzási dinamikáról, valamint az inváziós és védett növényfajok előfordulásáról.

Napjainkban a méhészet komoly kihívásokkal néz szembe a klímaváltozás következtében. Az extrém időjárási jelenségek, például az aszályok, az enyhe telek és a késői fagyok közvetlenül befolyásolják a nektár- és pollenhozamot. Magyarországon különösen az akác- és repceméz termelése vált kiszámíthatatlanná, ami gazdasági és ökológiai problémákat egyaránt felvet.

Kutatásaink célja, hogy a méhek által gyűjtött pollencsomók és fajtamézek komplex elemzésével hozzájáruljunk a méhészetet érintő ökológiai és gazdasági problémák feltárásához, valamint a klímaváltozás és az agrárerdészeti rendszerek kölcsönhatásainak jobb megértéséhez.

2. A kutatás célkitűzései

1. A méhek növényválasztásának vizsgálata agrárerdészeti környezetben

Célunk, hogy mikroszkópos pollenanalízis segítségével összehasonlítsuk a méhek növényválasztási preferenciáit két agrárerdészeti területen (Harka és Bajna) 2022–2023-ban gyűjtött pollencsomók és fajtamézek alapján. Vizsgáljuk, hogy a nektár- és pollengyűjtés során a méhek azonos vagy eltérő növényfajokat részesítenek-e előnyben, illetve melyik minta mutat nagyobb fajgazdagságot, ami a méhek alkalmazkodóképességére is következtetni enged.

2. A fajtamézek jellemzése és standardizálása

Célunk a gazdaságilag kiemelt akác- és repcemézek összehasonlító vizsgálata a pollenanalízis és az illékony komponensek (VOC) gázkromatográfiás elemzése alapján. Eredményeink egy referencia-adatbázis létrehozását szolgálják, amely lehetővé teszi az agrárerdészeti területekről származó minták pontosabb azonosítását és jellemzését.

3. A mézminőség vizsgálata multianalitikai megközelítéssel

Célunk a nagyüzemi akác- és repcemézek átfogó minőségvizsgálata és csoportosítása multianalitikai megközelítéssel. A kutatás során a fiziko-kémiai, elemtartalmi és melisszopalinológiai jellemzők elemzésével kívánjuk feltárni azokat a paramétereket, amelyek leginkább alkalmasak a két mézfajta megbízható elkülönítésére. Eredményeink hozzájárulhatnak a mézazonosítás pontosságának növeléséhez, valamint a jelenlegi, döntően a pollenarányra épülő uniós szabályozás – a mézről szóló 2001/110/EK irányelv és annak 2014/63/EU módosítása – finomításához, mivel az alulreprezentált pollenszámú növényfajok esetében a jelenlegi rendszer torz eredményekhez vezethet.

4. A biodiverzitás hosszú távú monitorozása pollenanalízissel

Célunk, hogy mikroszkópos pollenanalízis segítségével nyomon kövessük egy adott terület növényzetének változását 20 éves időtávon. Az éves minták pollenösszetételének összehasonlítása lehetőséget ad az ökoszisztéma és a termesztett növénykultúrák hosszú távú dinamikájának feltárására.

3. Vizsgálati anyag és módszer

A kutatási területek bemutatása

Vizsgálataink során több agrárerdészeti területet vizsgáltunk, amelyek különböző táji és ökológiai adottságokkal rendelkeznek. A mintavételi helyek Harka, Bajna, Sopron, Körmend, Nagycenk és Barbacs térségében találhatók. A vizsgálatokhoz a COPERNICUS programból származó adatok szolgáltatták az alapot, amelyek segítségével meghatározható volt az egyes területek térbeli elrendeződése és mozaikos szerkezete.

Analitikai vizsgálatok

- Melisszopalinológiai analízise (fénymikroszkóp, 400x nagyítás)
 - A pollencsomók analíziséhez a minták előkészítését Barth és munkatársai (2010) módszere alapján végeztük: a pollencsomókból 2 g-ot etanolos centrifugálással tisztítottunk, majd víz-glicerín oldattal szuszpendáltunk és ismét centrifugáltunk. A kapott szuszpenzióból tárgylemezre vittünk mintát, amelyet szárítás után glicerín-zselatin beágyazószerrel fedtünk le mikroszkópos vizsgálathoz.
 - A mézminták analízisét a homogenizált minták előkészítését követően Rex Sawyer (2010) és Pendleton (2006) módszerei, valamint az MSZ 6950-3 magyar szabvány alapján végeztük. A vizsgálathoz 10 g mézmintát desztillált vízzel hígítottuk, majd kétszeri centrifugálással tisztítottuk. A kapott szuszpenzióból tárgylemezre vittünk mintát, amelyet glicerín-zselatin-fukszin beágyazószerrel fedtünk le.
- A mézminták fiziko-kémiai paramétereinek a meghatározása
 - A mézminták nedvességtartalmának és Brix-fokának meghatározását refraktometriás módszerrel, az MSZ 6943/1-79 magyar szabvány előírásai szerint végeztük, ATC-3 típusú hordozható refraktométer (Kína) alkalmazásával.
 - A pH- és savtartalom-vizsgálatokat az MSZ 6943/3–80 számú magyar szabvány szerint végeztük.
 - A mézminták elektromos vezetőképességének a mérését (Radelkis OK-114; Radelkis OK-0907P elektródával, Magyarország) 20 tömegszázalékos mézoldaton végeztük 20 °C hőmérsékleten (BOGDANOV, 1997; CZIPA ET AL., 2019; POSPIECH ET AL., 2021).
 - A diasztáz-aktivitást az MSZ 6943/6–81 magyar szabvány előírásai szerint határoztuk meg.
 - A HMF (hidroximetil-furfurol) tartalmat az MSZ 6943/5–1989 számú magyar szabvány szerint határoztuk meg spektrofotometriás módszerrel.

- A mézminták kromatográfiás vizsgálata
 - A mézminták cukorösszetételét (fruktóz, glükóz és szacharóz) nagy teljesítményű folyadékkromatográfiás módszerrel (HPLC) határoztuk meg, Shimadzu LC-20 típusú rendszer és RID detektor alkalmazásával.
 - A mézminták illékony szerves komponenseinek (VOC) meghatározását szilárd fázisú mikroextrakcióval (SPME) kombinált gázkromatográfiás-tömegspektrometriás (GC-MS) módszerrel végeztük. Az analízishez SHIMADZU GCMS TQ8040 készüléket és közepes polaritású TG-5MS kapilláris oszlopot alkalmaztunk.
- A mézminták elemtartalmának meghatározása
 - A homogenizált mintákból ~0,4 g-ot mértünk be teflon bevonatú feltáróedényekbe, HNO₃ és H₂O₂ felhasználásával mikrohullámú roncsolást végeztünk, majd az oldatokat szűrés után ICP-OES módszerrel elemeztük.

Alkalmazott statisztikai módszerek

- A változók (indikátorok) eloszlásának normalitásvizsgálata a mézminták esetében és a kiugró értékek meghatározása,
- A normális eloszlású változók konfidencia-intervallumai,
- Különböző méztípusok átlagainak összehasonlítása Student-féle t-próbával,
- Korrelációs analízis méztípusok szerint,
- Főkomponens-analízis (PCA)
- Wilks-lambda értékek meghatározása a mézcsoporthoz a főkomponensek koordináta-rendszerében.

Az értékelési stratégia végrehajtásához a szoftveres háttér a Microsoft Excel, a Chemometrics-Add-In, a StatsKingdom online és a Scilab FACT 1.4.2 kemometriai kiterjesztés alkotta. Az akác-, repce- és agrárerdészeti mézminták PCA-alapú csoportosulásait fuzzy klaszterezéssel (BOROSY et al., 2001) elemeztük Scilab programban, míg a meteorológiai és pollenanalitikai adatokat Python programkód segítségével dolgoztuk fel és ábráztuk.

4. A kutatás eredményei, következtetések és tézisek

Kutatásunk az agrárerdészeti területek és a méhészeti termékek kapcsolatát vizsgálta, kiemelve a rendszerek szerepét a biodiverzitás, a beporzók egészsége és a mézminőség fenntartásában. Mikroszkópos pollenanalízissel és VOC-vizsgálattal tanulmányoztuk akác-, repce- és agrárerdészeti eredetű mézek, valamint pollencsomók botanikai és kémiai összetételét. Eredményeink alapján a mézek és pollenek összetétele jelentősen eltér területenként, évenként és terméktípusonként; a csapadékos év (2023) nagyobb növényi diverzitást eredményezett. A VOC-analízis fuzzy klaszterezése feltárta az akácmézek egyértelmű, míg a repcemézek részben átfedő illóanyag-profilját, jelezve az agrárerdészeti mézek kémiai heterogenitását és egyediségét. A fiziko-kémiai, mikroelem- és pollenadatok PCA- és t-próba alapú értékelése szerint az akác- és repcemézek jól elkülöníthetők, legfőbb különbségeik a cukorösszetételben (glükóz, fruktóz/glükóz arány) és vezetőképességben jelentkeztek. A jelenlegi EU-s akácméz-besorolás túl szigorúnak bizonyult, ezért további indikátorok bevonása indokolt. Húszéves idősort vizsgálva kimutattuk, hogy az akácmézek pollenösszetétele stabil, és a biodiverzitás növekvő tendenciát mutat, így a méz megbízható eszköz lehet hosszú távú ökológiai monitorozásra.

1. TÉZIS

A repce- és akácmézek esetében az agrárerdészeti területek nagyobb biodiverzitását a „ritka pollen” gyakorisági osztály magasabb értékei mutatják. Az agrárerdészeti akácméz mintákban ez az érték 8-39% (átlagosan 18%), míg fajtamézekben 2-23% (átlagosan 8,65%). Repcemézek esetében pedig az agrárerdészeti mintákban 7-24% (átlagosan 12,75%) szemben a fajtamézek 1-5% (átlagosan 2,75%) arányával.

2. TÉZIS

Az agrárerdészeti eredetű mézek illékony szerves vegyület (VOC) profilja szignifikánsan nagyobb kémiai diverzitást mutat, mint a konvencionális mezőgazdasági területekről származó fajtamézeké. Az 50%-os előfordulási küszöbérték alapján az agrárerdészeti rendszerekből gyűjtött akácmézek esetében 33, míg a konvencionális akác fajtamézeknél mindössze 13 VOC-komponens volt kimutatható. Hasonló tendencia figyelhető meg a repcemézek esetében is: az agrárerdészeti eredetű minták 34, míg a konvencionális repcemézek 22 komponenssel jellemezhetők.

3. TÉZIS

Az agrárerdészeti rendszerekből származó, repce- és akácvirágzást követően pergetett mézek eredetének azonosítására az illékony szerves komponenseken (VOC) alapuló SPME-GC-MS analitikai vizsgálat alkalmas módszernek bizonyul, amely eredményességében összevethető a hagyományos referenciaként használt pollenanalízissel. A vizsgált 18 agrárerdészeti mézminta eredményeinek sokváltozós adatértékeléssel (Fuzzy módszer) történő feldolgozása során a pollenanalízis 7, míg a VOC-analízis 10 esetben különítette el a mintákat a referenciaadatbázisként szolgáló fajtamézekről (akác és repce), ami a VOC-alapú módszer nagyobb diszkriminációs képességére utal.

4. TÉZIS

Nagyszámú magyar akácméz-minták vizsgálata kimutatta, hogy a kizárólag pollenanalízisre épülő fajtaméz-besorolás nem minden esetben megbízható. A pollenanalízis helyett a vizsgált minták alábbi kémiai paramétereinek – fruktóz/glükóz arány, glükóztartalom, vezetőképesség, savfok és magnéziumtartalom – együttes értékelése alkalmas az akácméz minták fajtajellegének meghatározására.

5. TÉZIS

A 2000 és 2022 között pergetett körmendi agrárerdészeti területről származó akácmézminták mikroszkópos pollenanalízise alapján megállapítható, hogy a mezőgazdasági területeken termesztett egyes *Fabaceae* fajok – különösen a bíborhere (*Trifolium incarnatum*) és a takarmányborsó (*Pisum sativum*) – jelentős virágforrásként szolgálnak a házi méhek (*Apis mellifera*) számára az akácvirágzás időszakában. E fajok attraktivitása érdemben befolyásolja az akácmézek pollenspektrumát, ami hatással van a mézek botanikai eredet szerinti besorolására, valamint azok minőségi megítélésére is.

5. Az értekezés témakörében megjelent publikációk

Q1-Q4 folyóiratban megjelent publikációk

DOMINKÓ, E. – NÉMETH, ZS. I. – RÉTFALVI, T. (2024): Classification of acacia, rape and multifloral Hungarian honey types. *Heliyon*. E30498. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30498> (Q1)

DOMINKÓ, E. – KOVÁCS, Z. – RÉTFALVI, T. (2023): The Role of Pollen Analysis in the Sustainable Development. *Chemical Engineering Transactions*. 107. 673-678. DOI: 10.3303/CET23107113 (Q3)

Konferenciaközlemény- teljes szövegű, lektorált, idegen nyelvű

DOMINKÓ, E. – RÉTFALVI-SZABÓ, P. – KOVÁCS, Z. – LAKATOS, F. – RÉTFALVI T. (2020): Investigation of VOC components of honey. *Proceedings of the International Conference on Sustainable Economy and Agriculture*. 14th november 2019, Kaposvár Hungary. pp. 85-90

Lektorált könyvfejezet

DOMINKÓ E. – RÉTFALVI T. (2023): Agrárerdészeti rendszerekből származó mézminták pollenanalízise. *Az Erdőmérnöki Kar Tudományos kiadványa* (szerk: Czímber Kornél) Soproni Egyetem Kiadó 2023. 282 p. pp. 74-79.

DOMINKÓ E. – RÉTFALVI T. (2022): Mézek aromakomponenseinek összehasonlító vizsgálata az Erdőmérnöki Kar Tudományos Kiadványa (szerk: Czímber K., Heil B.) Soproni Egyetemi Kiadó 2022. 297 p. pp. 80-84.

DOMINKÓ, E. – RÉTFALVI, T. (2021): Hazai mézek kémiai analitikai vizsgálata. Soproni Egyetem Kiadó, pp. 439-445.

DOMINKÓ, E. – RÉTFALVI, T. (2021): Hazai mézek gázkromatográfiás vizsgálata. Soproni Egyetem Kiadó, pp. 446-452.

Konferencia Kivonat

DOMINKÓ, E. – KOVÁCS, Z. – RÉTFALVI, T. (2024): A GreenBee Projekt referencia területeiről származó pollenek vizsgálati eredményei. *Erdészeti Tudományos Konferencia*. Sopron, Magyarország (Absztrakt/ Kivonat) 75 p. p. 51.

Egyéb- teljes szövegű, nem lektorált

DOMINKÓ, E. – KOVÁCS, Z. – RÉTFALVI, T. (2023): Pollen, több mint allergia! Weboldal bejegyzés a Soproni Egyetem Erdőmérnöki Karának weboldalán.

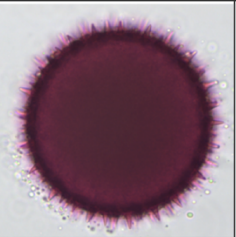
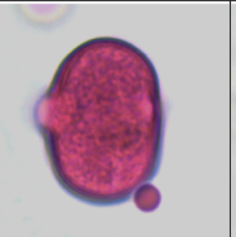
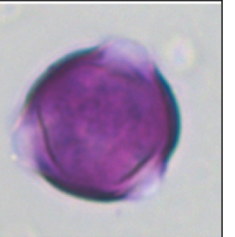
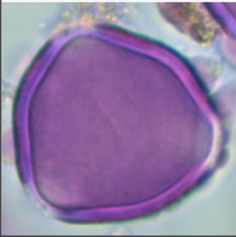
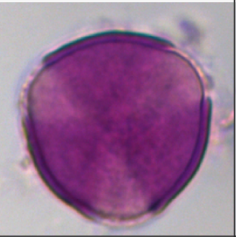
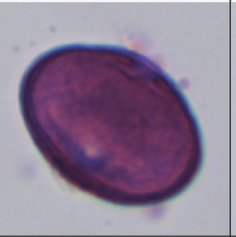
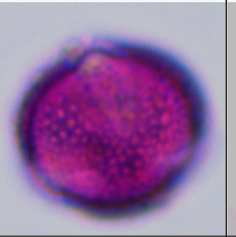
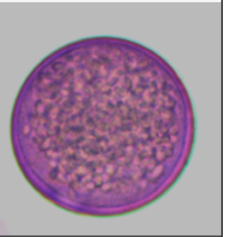
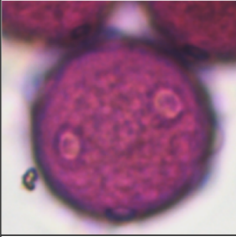
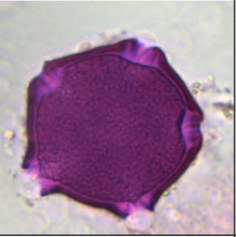
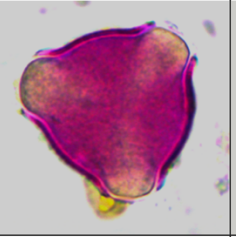
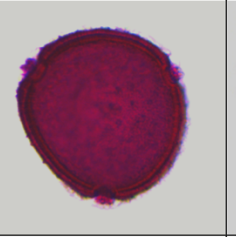
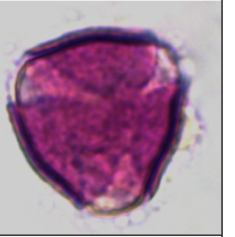
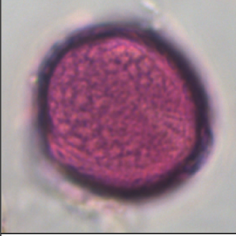
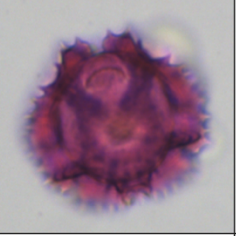
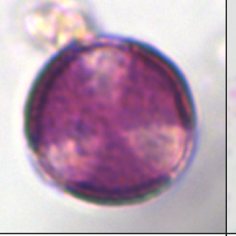
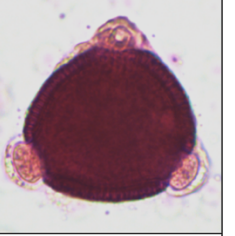
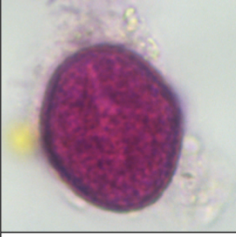
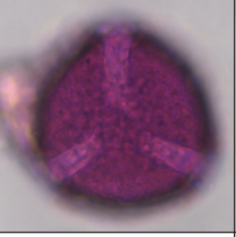
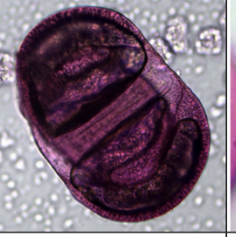
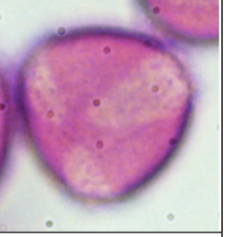
Konferencia és előadásanyagok

DOMINKÓ, E. – KOVÁCS, Z. – RÉTFALVI, T. (2023): Pollen, több mint allergia! Pecha Kucha előadás. Sopron, Magyarország.

DOMINKÓ, E. – RÉTFALVI, T. (2022): Mézek aromakomponenseinek összehasonlító vizsgálata. Vegyészkonferencia, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Eger, Magyarország. (poszter)

DOMINKÓ, E. (2022): Pollenvizsgálati eredmények mézmátrixban. Erdészeti Tudományos Konferencia. Sopron, Magyarország (szóbeli előadás).

DOMINKÓ, E. – RÉTFALVI-SZABÓ, P. – KOVÁCS, Z. – LAKATOS, F. – RÉTFALVI T. (2019): Investigation of VOC components of honey samples. Proceedings of the International Conference on Sustainable Economy and Agriculture. 14th november 2019, Kaposvár Hungary (szóbeli előadás).

				
<i>Tilia platyphyllos</i> nagylevelű hárs 31-35 µm	<i>Malva sylvestris</i> erdei mályva 84-123 µm	<i>Melilotus officinalis</i> orvosi somkóró 22-28 µm	<i>Pisum sativum</i> takarmányborsó 32-48 µm	<i>Sambucus nigra</i> fekete bodza 17-20 µm
				
<i>Wisteria sinensis</i> lilaakác 30 µm	<i>Lamium purpureum</i> piros árvacsalán 26-34 µm	<i>Anthriscus cerefolium</i> zamatos turbolya 21-25 µm	<i>Salix spp.</i> fűz fajok 17-23 µm	<i>Alopecurus pratensis</i> réti ecsetpázsit 26-31 µm
				
<i>Plantago lanceolata</i> lándzsás útifű 21-28 µm	<i>Viola arvensis</i> mezei árvácska 51-100 µm	<i>Prunus cerasus</i> var. meggy 36-40 µm	<i>Knautia arvensis</i> mezei varfű 95-110 µm	<i>Rubus spp.</i> szeder fajok 28-37 µm
				
<i>Trifolium incarnatum</i> bíborhere 30-40 µm	<i>Taraxacum officinale</i> pongyola pitypang 28 µm	<i>Campanula spp.</i> harangvirág fajok 29-36 µm	<i>Capsella bursa-</i> pastoris pásztortáska – 19 µm	<i>Geranium spp.</i> golyaorr fajok 67-87 µm
				
<i>Trifolium pratense</i> réti here 35-42 µm	<i>Cornus sanguinea</i> veresgyűrű som 58 µm	<i>Pinus nigra</i> fekete fenyő 55-77 µm	<i>Picea abies</i> lucfenyő >100 µm	<i>Papaver somniferum</i> kerti mák 28-32 µm