

NÖVÉNYVÉDELEM

86 [N.S. 61] 7. szám • Az Agrárminisztérium tudományos lapja • 2025. július

A DRÓNOK ÉS A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA A NÖVÉNYVÉDELEMBEN



A KIADVÁNY A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT



A KÖRNYEZETBARÁT NÖVÉNYVÉDELEMÉRT ALAPÍTVÁNY

Megjelenik havonként

Előfizetési díj a 2025. évre: 15 000 Ft

A Növényorvosi Kamara és a Magyar Növényvédelmi

Társaság tagjainak: 13 500 Ft/év

Diákoknak: 10 500 Ft/év

Egyes szám: 1500 Ft

Szerkesztőbizottság:

Elnök: Eke István

(Folyóiratunk múltjából rovatvezetője)

Rovatvezetők:

Almási Asztéria (virológia)

Csóka György (erdővédelem)

Haltrich Attila (rovartan, gerincesek)

Koczor Sándor (rovartan)

Körösi Katalin (növénykórtan)

Novák Róbert (gyomszabályozási technológia)

Molnár János (jogszabályfigyelő, krónika)

Petróczy Marietta (növénykórtan)

Ripka Géza (rovartan, akarológia)

Solymosi Péter (gyombiológia, botanika)

Szőcs Gábor (rovartan, kémiai ökológia)

A Szerkesztőbizottság munkáját segítik:

Balázs Klára (tanácsadó)

Dancsházy Zsuzsanna (angol nyelv)

Dzsudzsák Szilvia (HOI)

Mihályi Krisztina (Alapítvány)

Szerkeszti: Szerkesztőbizottság

Szerkesztőség:

Levelezési cím: 1116 Budapest, Fehérvári út 132–144.

Postacím: 1114 Budapest, Pf. 112.

E-mail: balazs.klara@atk.hun-ren.hu

Felelős kiadó: Füredi Kornél

a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

Kiadó:

A Környezetbarát Növényvédelemért Alapítvány

Postacím: 1114 Budapest, Pf. 112.

Együttműködő partner:

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont

Növényvédelmi Intézet

Megrendelhető az Alapítvány postacímén, vagy

e-mail címén (balazs.kara@atk.hun-ren.hu),

illetve befizethető az Alapítvány

K&H 10400054-00502306-00000000 számú

csckeszámán.

ISSN 0133–0829

Készítette az INFORM Kiadó és Nyomda Kft.

Felelős vezető: Bolyki István

2025/21

ÚTMUTATÓ A SZERZŐK SZÁMÁRA

A közlemények terjedelmét a mondanivaló jellege szabja meg, de ne legyen a kettes sortávolságra nyomtatott szöveg a mellékletekkel együtt 15 oldalnál hosszabb. A kéziratot bevezető, anyag és módszer, eredmények (következtetések, köszönetnyilvánítás), irodalom fő fejezetekre kérjük tagolni és a Szerkesztőség címére elektronikus levélben beküldeni. A közlemény címére Szerző(k) neve, munkahelye és a rövid összefoglaló kövesse, a dolgozat az irodalommal fejeződjön be. A táblázatok és ábrák (angol és magyar címjegyzékkel együtt) a dolgozat végére kerüljenek. Csak jó minőségű, lasernyomtatóval készült ábrát, illetve fekete-fehér fotót fogadunk el. Színes fotót csak a borítóra kérünk. Belső színes ábrák elhelyezésére közlési díj befizetése vagy szponzor anyagi támogatása esetén van lehetőség.

Az angol nyelvű összefoglaló új oldalon kezdődjön. Magyar és angol nyelven kulcsszavak közlése is szükséges.

A kéziratban csak a latin neveket kérjük kurzívval (egyszeri aláhúzás vagy italic nyomtatás) jelölni, egyéb tipizálás mellőzendő. A technológia részbe szánt kézírathoz összefoglalót nem kérünk. A Szerkesztőség csak az előírásoknak megfelelő eredeti kéziratot fogad el.

A Szerkesztő bizottság az internet honlapokról származó adatokra való hivatkozásokat nem tartja elfogadhatónak, ezért felhívja a Szerzők figyelmét, mellőzzék ezeket. Kivételt képeznek az interneten „on-line” elérhető tudományos folyóiratok, amelyek lektorált, szakmailag ellenőrzött dolgozatokat közölnek. Az ezekre történő hivatkozás esetén a szokásos bibliográfiai adatokat kell megadni.

A kézirat beadásával egyidejűleg kérjük a Szerző(k) személyi adatait (név, lakcím, munkahely, munkahely címe, telefon, fax, e-mail) megadni.

Kéziratot csak Word dokumentumban, ábrákat csak jpg-ben fogadunk el!

Részletes útmutató a 2024. áprilisi számban található.

CÍMKÉP:

Monitoring drón használata őszi búza kispercellás kísérletben (SZE-AKMK, 2023)

Fotó: Horváth Koppány

Kapcsolódó cikk: 285. oldal

COVER PHOTO:

Using a monitoring drone in a small plot trial in winter wheat (SZE-AKMK, 2023)

Photo by: Koppány Horváth

Related article: p. 285.

DRÓNOK ÉS A MESTERSÉGES INTELLIGENCIÁRA ALAPOZOTT TECHNOLÓGIÁK A FENNTARTHATÓ NÖVÉNYVÉDELEMBEN



Nyéki Anikó, Neményi Miklós, Ambrus Bálint, Teschner Gergely
és Kovács Attila József

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Bioműszaki
és Precíziós Technológiai Tanszék, 9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.
E-mail: ambrus.balint@sze.hu

A szerzők tapasztalata, hogy az European Green Deal (Európai Zöld Megállapodás: EZM) ellen megfogalmazott kritikák szakmai-tudományos szempontból általában nem megalapozottak. Több évtizedes tapasztalatunk alapján megállapítjuk, hogy ezen elvárások teljesítésénél a műszaki és informatikai szakterületek, a precíziós mezőgazdaság helyspecifikus kezelésekre alkalmas technológiái, valamint azok üzemeltetése a Mesterséges Intelligencia (MI) felhasználásával elengedhetetlen. Külön ki kell emelni az adatgyűjtési technológiák alkalmazásának a fontosságát. A dolgozat a távérzékelési adatgyűjtésre és az MI-re alapozott adatgyűjtésre koncentrálna. A szerzők meggyőződése, hogy az EZM-ben megfogalmazott elvárásokat valós időn (5–10 év) belül teljesíteni kell, akkor is, ha az EZM kudarcot vall. Az is tény, hogy a kemikáliák (növényvédő szerek, műtrágyák) csökkentéséből adódó hozamszökkenés kompenzációja csak úgy képzelhető el, ha a biorendszer mérnökök mellett, akik elsősorban a fizikai megoldásra törekszenek, más diszciplínák, pl. a biotechnológia is megteszi mindent a siker érdekében.

Kulcsszavak: F2F, IoT, felhő számítástechnika, permetező és monitoring drón, MI, EZM, hiperspektrális képalkotás, korai detektálás

Az Európai Zöld Megállapodás (EZM)

A tudománynak egyik meghatározó és nagyon fontos feladata, hogy segítse a társadalmat, amely számára a kutatási eszközöket biztosítja, az új kihívások megfogalmazásánál és azok megoldásánál.

Az EZM az első a világon, amely nyilvános elkötelezettségként megfogalmazza, hogy 2030-ra az EU tagállamok legalább 55%-kal csökkentik az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását az 1990-es évhez viszonyítva, és az EU 2050-ben klíma semleges lesz. Az EZM zöldítési stratégiájának kiemelt területe az ökológiai válságok átalakítása jövedelmező lehetőségekké (Vela és mtsai 2023).

Az EZM elvárásai a mezőgazdasági termeléssel szemben

A szintetikus növényvédő szereket 50%-kal, továbbá a kifejezetten veszélyes peszticideket

ugyancsak 50%-kal kell csökkenteni 2030-ig. A regeneratív növénytermesztési gyakorlatnál EU szinten el kell érni 2030-ra a 25%-os fedettséget. Jelenleg ez az érték 11%, Magyarország 6%-ról 11%-ra szeretné ennek a technológiának az alkalmazását szélesíteni (Neményi 2022).

Összességében az értékelések az EU mezőgazdasági termelésének mennyiségi csökkenését prognosztizálják az EZM kapcsán. A megállapodásnak a Farmtól a Villáig („Farm to Fork”: F2F) kiemelt stratégiája. Ez azt jelenti, hogy a vetéstől a betakarításig, az alapanyag tárolásától a feldolgozásig a műveleteket monitorozzuk, és optimalizáljuk. A szántóföldi kísérletekre alapozott tanulmányok jelenleg még nem támasztják alá ennek a stratégiának a várható előnyeit (Foteinis és mtsai 2021). Ez azért van, mert a termelési lánc egyes elemeinél főleg informatikai, ill. adatgyűjtési szempontból jelentősen le vagyunk maradva (Omar és Thorsøe 2023, Popp és mtsai 2024).

Meg kell jegyezni, hogy az erre a projektre tervezett pénzt az orosz-ukrán háború nagyrészt felemésztí. Hibának tartjuk, hogy a tagállamok belső politikai, szociális és gazdasági helyzete által hozott EZM ellenző döntéseket, ellenvéleményeket, ill. kritikákat a kutatók egy része a koherens szakmai, tudományos szempontokat háttérbe szorítva megalapozottnak tekintik, és támogatják.

Elgondolkodtató példa: ha nem helyspecifikusan, ill. célzottan, a precíziós technológia lehetőségeit kihasználva juttatjuk ki a gyomirtó szereket, ill. a rovarölő készítményeket, akkor csak 10, ill. 1 százalékuk hasznosul (Hannah 2017). Ez önmagában is felveti a növényvédő szerek okozta súlyos környezeti terhelés valóságát. Az EZM „mentségére” legyen szólván, hogy a jelenlegi növényvédelmi gyakorlat semmilyen körülmények között nem felel meg a korszerű ökológiai elvárásoknak.

Az EZM és az ENSZ Fenntartható Fejlődési Célok (Sustainable Development Goals: FFC)

2015-ben az ENSZ 17 célkitűzést fogalmazott meg, amelyeken belül pl. az éhség megszüntetése is helyet kapott. Ez utóbbi kapcsán jelenik meg a mezőgazdaság. A 13. célkitűzéshez a mezőgazdaság a megújuló energiahordozók termelésével kapcsolódik. Bár a 17 célkitűzés eléggé általános, mégis hosszabb távon az EZM és az FFC szakmai-tudományos közelítését kell megvalósítani (SDGs 2022).

A biológiai növényvédelem és az Internet of Things: IoT (dolgok internete)

A biológiai növényvédelem igyekszik a termelési folyamatokba beilleszkedni, támogatja a hosszú távú fenntarthatóságot. Ehhez azonban az eddiginél jóval mélyebben kell megismerni azokat a természetes mechanizmusokat, növényi reakciókat, amelyek a biopeszticidok hatására bekövetkeznek (URL¹). Ezeknek az ismereteknek a megszerzéséhez jelentősen hozzájárulnak a vezeték nélküli nano-szenzor technológiák, amelyek teljesen új távlatokat nyitnak a tápanyagpótlás, a növényvédelem és a betegség érzékelése terén (Paramo és mtsai 2020).

Az IoT elsősorban vezeték nélküli adatgyűjtő, -tároló és feldolgozó rendszer, amely adott esetben emberi beavatkozás nélkül tud döntést hozni (Machinet to Machine: M2M), és technológiai műveleteket beindítani, felügyelni és folyamatosan optimalizálni az ökológiai elvárások szerint. Folyamatosan gyűjti az adatokat a mikroklimáról, a talajról (fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságok, ill. azok változása), a növények növekedéséről és fejlődéséről, a kórokozók és a kártevők megjelenéséről és a technológiai beavatkozások hatásairól. Az IoT szükség esetén interaktív módon beavatkozik, ill. jelzi a gazdálkodónak, hogy tegye meg a szükséges lépéseket. A felhő számítástechnika és az MI felhasználásával az IoT folyamatosan elemzi az adatokat. Ilyen a kórokozók vagy kártevők adott táblarészen történő megjelenésének időbeni detektálása, és a beavatkozás kezdeményezése. Ezzel nagyságrendű vegyszer megtakarítás érhető el. Egyik nagy előnye a rendszernek, hogy az interneten keresztül az adatok, ill. az információ nagy távolságokra eljuttatható (Neményi 2020, Nyéki és mtsai 2020, Neményi és mtsai 2022).

Permetező drónok alkalmazásának lehetőségei

A dróntechnológia fejlődése új távlatokat nyitott a mezőgazdaságban (Nunes 2023). Kezdetben a drónokat elsősorban felmérések (vadkár, növényállapot stb.) készítésére használták (Zhang és Kovacs 2020), azonban mára egyre elterjedtebben alkalmazzák növényvédelmi feladatok elvégzésére. A permetező drónok – a hagyományos földi munkagépekkel szemben – képesek célzottan (helyspecifikusan), a növényállomány aktuális állapotához igazodva kijuttatni a növényvédő szereket, ezzel csökkentve a vegyszerhasználatot és a talajtaposási károkat (1. ábra).

Előnyük a nehezen megközelíthető, domborzatilag tagolt vagy kisebb parcellák esetében nyilvánvaló. Szerepük a termelő gazdaságok esetében is egyre jelentősebb, mivel a drónokkal végzett permetezés kevésbé függ az időjárás és talajviszonyoktól, így a kezelések pontosabban ütemezhetők (Borhi 2022).



1. ábra. Permetező drón munka közben
Fotó: Horváth Koppány

A mezőgazdasági permetező drónokkal történő munkavégzés lényege, hogy a növényvédő szereket előre tervezett repülési útvonal mentén, programozott paraméterek alapján juttatják ki. A korszerű modellek 30–40 literes tartálykapacitással, 8–12 rotoros elrendezéssel, állítható fűvókarendszerrel és precíziós navigációs eszközökkel (RTK-GPS, LiDAR stb.) rendelkeznek (Ozkan 2024). Ezek lehetővé teszik a centiméter pontosságú repülést és permetezést, akár éjszaka vagy gyenge látási viszonyok között is. Az automata magasságtartás és akadályérzékelés tovább növeli a biztonságot. A permetezés során alkalmazott ULV (Ultra Low Volume) technológia (amely kisebb (50–200 μm) cseppméretekkel dolgozik) révén kisebb mennyiségű permetlé is elegendő, és egyenletesebb fedettséget biztosít, ami gazdasági és környezetvédelmi szempontból is előnyös (García-Munguía és mtsai 2024, Guebsi és mtsai 2024).

A permetező drónok alkalmazása különösen hatékony gyümölcsösök, szőlőültetvények, vagy lejtős területek esetében. A szegélypermetezés, gócpontkezelés és foltkezelés révén csökkenthető a teljes terület vegyszerterhelése. A drónok kombinálhatók szenzoros felméréssel (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI, Red-Green-Blue: RGB, hőkamera), amely alapján térinformatikai alapú permetezési térképek készíthetők. Ez lehetővé teszi a differenciált kezelést, amely a precíziós gazdálkodás kulcseleme.

A technológia hazai és nemzetközi elterjedésének egyik gátja a szigorú jogi szabályozás. A földi vagy a „klasszikus” légi (repülőgéppel és helikopterrel történő) kijuttatásra engedélyezett növényvédő szerek (kettő kivételével) és készítmények alapvetően nem alkalmazhatók ilyen célból. A használatuk csak azt követően lehetséges, ha a meglévő érvényes engedélykiratukat kiterjesztik a drónnal történő kijuttatásra. A jelenlegi engedélyezési lista szerint a Mospilan 20 SG, a Coragen 20 SC rovarölő és az Amistar Sun 325 SC gombaölő szer (elsodródásgátló adalékanyag felhasználásával) engedélyezett drónos permetezésre (Agrárágazat, 2025).

A drónos permetezés légi növényvédelemnek minősül, ezért növényorvos felügyelete mellett végezhető. A jármű maximum 3 méteres magasságban repülhet a kultúra felett, legnagyobb megengedett repülési sebessége 15 km/h (maximum 2 m/s szélsősebesség mellett), a kezelt területtől tartandó védőtávolság 50 méter. Továbbá biztosítani kell azt is, hogy a kezelendő kultúrára kerülő permetlé cseppek 50%-os térfogat szerinti átmérője legalább 200 μm legyen. Az alkalmazott drónnak típusminősítéssel kell rendelkeznie, és a drón pilótának szerepelnie kell a hatóság által vezetett nyilvántartásban. Emellett a munkavédelmi előírások és speciális szabályok szigorú betartása is fontos. A mindenkor legfrissebb információkat a NÉBIH honlapján lehet megtalálni (Agrárágazat 2024).

Másik korlátozó tényező a magas kezdeti beruházási költség. A fejlett drónok, a hozzájuk tartozó szoftverek és a karbantartás jelentős kiadást jelenthet, különösen a kisebb gazdaságok számára.

Szintén problémát jelenthet, ill. az elterjedésüket lassíthatja az, hogy technikai szempontból a drónoknak korlátozott az akkumulátorüzemideje és teherbíró képessége. Egy tipikus permetező drón 15–30 percet képes repülni egyetlen töltéssel, ami gyakori leszállásokat és újratöltéseket igényel nagy területek esetén (Emimi és mtsai 2023).

A permetező drónok jövője ígéretes, mivel a technológia folyamatosan fejlődik. Az akkumulátorok kapacitásának növekedése és a könnyebb, de erősebb anyagok használata növelheti a drónok hatékonyságát és hatótávolságát. Az MI integrálása lehetővé teszi, hogy a drónok még pontosabban azonosítsák a permetezendő

területeket, optimalizálva a vegyszerhasználatot. A szabályozási környezet várhatóan szintén alkalmazkodni fog a technológia terjedéséhez. Az Európai Unió és más globális piacok már dolgoznak olyan keretrendszeren, amelyek megkönnyítik a drónok mezőgazdasági használatát, miközben biztosítják a biztonságot és a környezetvédelmet (Agrawal és Arafat 2024, Ehrampoosh és mtsai 2025).

Monitoring drónok és szenzorok szerepe

A monitoring drónok és a hozzájuk kapcsolódó szenzortechnológiák alkalmazása a precíziós növényvédelem egyik legdinamikusabban fejlődő területe. A monitoring rendszerek az aktuális növényállapot felmérésével támogatják a döntéshozatalt és a beavatkozások optimalizálását. A két technológia összehangolt alkalmazása a fenntartható, környezetkímélő és költséghatékony növénytermesztés kulcsa.

A monitoring drónok általában multispektrális, hiperspektrális, RGB vagy termál kamerákkal vannak felszerelve. Ezek a szenzorok képesek olyan vegetációs indexek számítására, mint az NDVI, GNDVI (Green NDVI), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) vagy NDRE (Normalized Difference Red Edge), amelyek a növényzet fotoszintetikus aktivitásáról, egészségi állapotáról és tápanyag-ellátottságáról nyújtanak információt (Lopez és mtsai 2016, Mahlein és mtsai 2019). Az NDVI például a vörös és a közeli infravörös spektrális sávok intenzitását hasonlítja össze, így érzékenyen reagál a zöldtömeg változásaira, a klorofilltartalomra és ezáltal a betegségek vagy tápanyaghiány korai jeleire is.

A vegetációs indexeken alapuló térképezés lehetőséget ad a foltkezelések vagy sávos permetezések megtervezésére, ezáltal csökkentve a kijuttatott növényvédő szerek mennyiségét. Az így előállított zónatérképek integrálhatók a permetező drónok vagy más precíziós eszközök vezérlőrendszereibe, lehetővé téve a helyspecifikus kezeléseket (Agrawal és Arafat 2024, Guebsi és mtsai 2024). Ezen felül a termikus képalkotás a levélhőmérséklet monitorozásával közvetett információt nyújthat a víz

stresszről, ami szintén kihat a kórokozók megjelenésére és terjedésére (Mahlein és mtsai 2019).

A monitoringdrónokkal gyűjtött adatok feldolgozása és értelmezése gyakran MI alapú rendszereken keresztül történik, amelyek képesek a hozam, tápanyaghiány, gyomfertőzöttség vagy akár a betegségek időbeli előrejelzésére (Gong és mtsai 2021, Ehrampoosh és mtsai 2025). Ezek az MI-modellek akár előző évi adatokból, időjárási előrejelzésekből és a növény fenológiai fázisaiból is tanulhatnak, növelve ezzel a kezelések hatékonyságát és csökkentve a környezeti terhelést.

Ugyanakkor a technológia alkalmazása nem mentes kihívásoktól. A drónokkal végzett monitoring nagy felbontású adatai jelentős tárolási és feldolgozási kapacitást igényelnek, továbbá szükséges a szoftveres integráció a gazdálkodási rendszerekbe. További kihívást jelent a fényviszonyok változása és a kamerák rendszeres kalibrációjának szükségessége, különösen az RGB kamerák esetében (Gao és Fin 2013, Zhai és mtsai 2016).

Összességében a monitoring drónok és szenzoros rendszerek – különösen vegetációs indexeken alapuló mérésekkel és mesterséges intelligenciával kiegészítve – alapvető eszközei a modern növényvédelemnek. A korai betegségdetektálás, tápanyag-diagnosztika és a precíziós beavatkozások támogatása révén hozzájárulnak a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatokhoz és a jövedelmezőbb termeléshez.

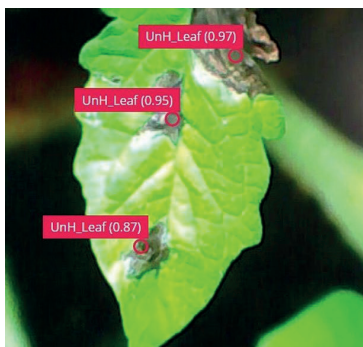
Képalkotás a növényvédelmi alkalmazásokban

A modern képalkotás és gépi látás alapvető szerepet játszik a gyomdetektálásban és növényfelismerésben (Riba 2022). A képalkotás elméleti alapját a lyukkamera-modell képezi (Jahne 2004), amely a 3D tér és a 2D képsík közötti leképezést homogén koordinátákkal írja le. A kamerák lencsék segítségével a tárgyakról képet vetítenek egy fényérzékelőre vagy elektronikus szenzorra (Assirelli és mtsai 2015). Az elektronikus érzékelők fejlődése elhozta a digitális fotózás térhódítását (Bernacki 2019).

Az RGB kamerák a legelterjedtebbek a mezőgazdaságban, mivel költséghatékonyan használhatók térképezésre, gyomdetektálásra, valamint robotok navigációjához és beavatkozásaihoz (pl.: paradicsom kultúrában, 2. ábra) (Cheein és mtsai 2011). Ugyanakkor az RGB képjelek eszközfüggőek és szabályozott fényviszonyokat igényelnek a megbízható működéshez (Ambrus és mtsai 2024a). Az RGB kamerák önmagukban nem adnak a távolságról információt, ezt többkamerás vagy sztereó rendszerekkel lehet kiegészíteni (Zhai és mtsai 2016). A multispektrális és hiperspektrális rendszerek az RGB korlátait átlépve az emberi szem által nem érzékelhető spektrumokat is rögzítik (pl. közeli infravörös, ultraiolya) (Kwan 2018). Ezekkel a rendszerekkel pontosabb karakterizáció és növényazonosítás valósítható meg, mivel a növények spektrális abszorpciós mintázatai egyediek (Lopez és mtsai 2016).

Adatbázisok és felismerési alkalmazások

A mezőgazdasági képalkotás egyik nagy kihívása a megfelelő, nagyméretű és változatos adatbázisok elérhetősége, amelyek a gépi tanulási modellek tanításához szükségesek (Ambrus és mtsai 2024b). A különféle növény- és gyomfajok azonosításához színes, multispektrális és hiperspektrális adatokból álló gyűjtemények állnak rendelkezésre, de ezek száma gyakran



2. ábra. Paradicsom levélzet elváltozásának detektációja és mintavétele. Fotó: Ambrus Bálint

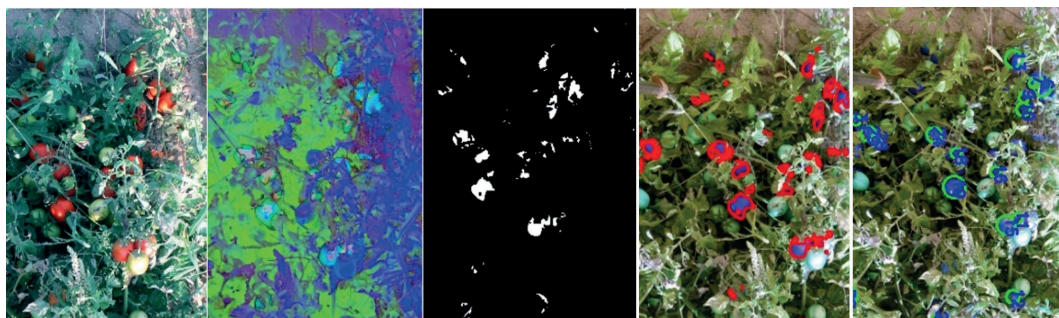


korlátozott a valódi mezőgazdasági környezetek sokfélesége miatt (Grinblat és mtsai 2013).

A növényállomány monitorozására alkalmazott RGB és infrakamerák a kelés, növénybetegségek, termésbecslés és precíziós öntözés alapjául szolgálnak (Nijland és mtsai 2014). Színekövetéses módszerekkel a sorok mentén haladás is megvalósítható, bár a környezeti fény változásai jelentős pontosságvesztést okozhatnak (Tarr és mtsai 1998).

A gépi tanulás (ML) széles körben alkalmazott technológiák a mezőgazdaságban, különösen képfeldolgozás és növényfelismerés terén (Amershi és mtsai 2019). A termések érettségének meghatározására gyakran használnak színtér-alapú szegmentációs módszereket (3. ábra), melyek csökkentik a megvilágítási és háttérhatások okozta hibákat (Malik és mtsai 2018).

A gépi tanulás és mély tanulás, különösen a konvolúciós neurális hálózatok (CNN), hatékonyak az osztályozásban és természsámolásban (Sa és mtsai 2016). Az ML modellek előnye,



3. ábra. RGB alapú természsámolás paradicsom kultúrában. Fotó: Ambrus Bálint

hogy képesek a környezeti és korábbi hozam-adatokat is integrálni a pontosabb előrejelzéshez.

Kalibráció és limitáló tényezők

A képkötés pontosságát nagyban befolyásolják a fényviszonyok és a kamera torzításai. Ezért a kamerákat rendszeresen kalibrálni kell, amely magában foglalja a lencsetorzítások kompenzációját. A növények távolságának meghatározásához referenciaméreteket kell ismerni és beépíteni a képfeldolgozásba (Rahman és mtsai 2009). A sztereólátás tovább javítja a 3D rekonstrukciót, mely kritikus például a növények térbeli elhelyezkedésének elemzéséhez (Hou és mtsai 2011). A képek számának növelése és a különféle fényviszonyokat lefedő adatbázisok fejlesztése kulcsfontosságú a megbízható és általánosítható modellek kialakításához.

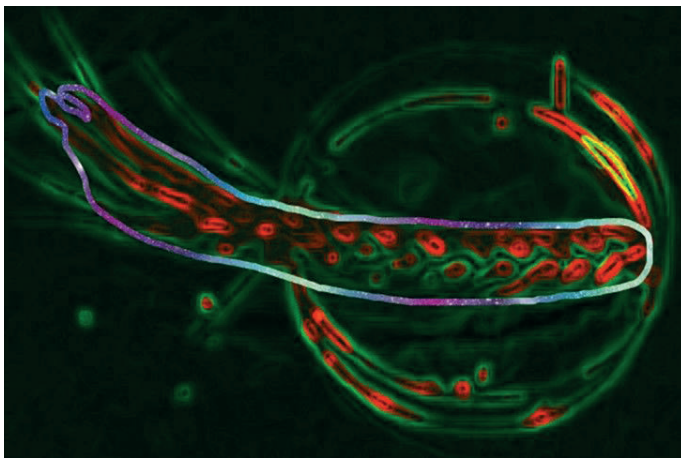
A képkötés és az adatfeldolgozás – a megfelelő kamerák, kalibráció és adatbázisok alkalmazásával – nélkülözhetetlen eszköz a precíziós gyomdetektálás, kórtani elváltozások és növényfelismerési technológiákban, mely elősegíti a fenntartható növényvédelmet.

Case study: búza kalászfuzáriózis (*Fusarium graminearum*) korai detektálása – új megoldás a hiperspektrális képkötés segítségével

A *Fusarium graminearum* az egyik legsúlyosabb gombás betegség, amely a búzát fenyegeti. A kórokozó nemcsak jelentős terméskiesést okoz, hanem mérgező mikotoxinokat is termel, amelyek az élelmiszerláncba kerülve komoly egészségügyi kockázatot jelentenek. A hagyományos módszerek – mint a vizuális ellenőrzés – gyakran már csak akkor azonosítják a fertőzést, amikor az már előrehaladott, és így a beavatkozás kevésbé hatékony.

Kutatásunk célja az volt, hogy még a látható jelek megjelenése előtt, a fertőzés korai szakaszában felismerjük a betegséget. Ehhez egy speciális technológiát, az úgynevezett hiperspektrális képkötést használtuk, amely nemcsak fényképet készít a növényekről, hanem azt is megmutatja, hogyan viselkedik a növény különböző hullámhosszú fények alatt. Ezáltal a szabad szemmel nem látható biokémiai változások is észlelhetők (pl.: Cubert ULTRISX20Plus).

A kísérlet során két búzafajta egészséges és fuzáriummal fertőzött kalászeit vizsgáltuk kilenc napon át, napi kétszeri méréssel. Összesen több mint 2000 felvételt készítettünk egy 350–1002 nm tartományban működő hiperspektrális kamerával laboratóriumi körülmények között, Petri-csészében elhelyezve a kalászsokat (4. ábra), amely 4 nm felbontással 164 csatornát rögzített. A nyers képekből automatikusan detektáltuk a búzaszemeket, majd 60×60 pixel méretű spektrális adatkockákat vágunk ki további elemzésre. A spektrális jellemzőkön túl a képi mintázatokat is figyelembe vettük. A spektrumok dimenziócsökkentéséhez főkomponens-analízist (Principal Component Analysis: PCA) alkalmaztunk, míg a képi adatok vizsgálatát az YDbDr színtérben végeztük, amely különösen jól kiemeli a vizuálisan alig észrevehető különbségeket.



4. ábra. Fuzárium-fertőzött búzaskálász elhelyezése és felvételezése hiperspektrális kamerával laboratóriumi környezetben
Fotó: Nyéki Anikó

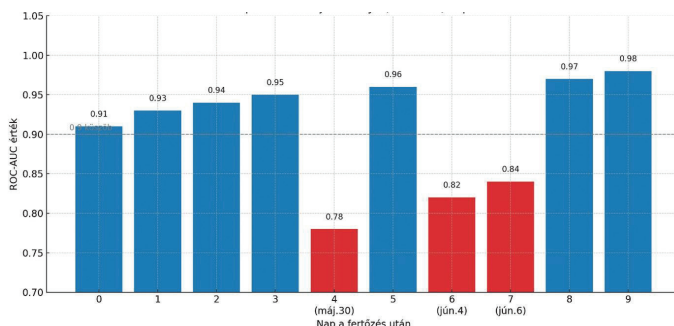
A fertőzés azonosításához különféle gépi tanulási algoritmusokat használtunk. A legjobban teljesítő modell a Gradient Boosting Decision Tree (GBT) volt, amely már a fertőzés harmadik napján – azaz a tünetek megjelenése előtt – 0,9 fölötti ROC-AUC értékkel jelezte a fertőzést. Az 5. ábra szemlélteti a fertőzést követő napokon mért predikciós teljesítményt. A modell már a harmadik naptól képes volt meghaladni a 0,9 AUC-küszöböt, bár a negyedik, hatodik és a hetedik napokon kisebb visszaesés volt tapasztalható. A módszer – szinte – minden nap szignifikáns eltérést mutatott a fertőzött és egészséges minták között. A leginformatívabb spektrális sávoknak a következők bizonyultak: 484 nm, 567 nm, 684 nm, 817 nm, 900 nm és 950 nm (Mahlein és mtsai 2019). Ezek a hullámhosszak a növényi klorofill- és karotinoidtartalom változásait tükrözik, amelyek a fertőzés során már korán megváltoznak.

A spektrális és képi jellemzők összevonása (feature fusion) jelentősen növelte a predikciós teljesítményt. A végső konvolúciós neurális hálózaton (CNN) alapuló modell a fertőzés súlyosságát $R^2 = 0,97$ és $RMSE = 3,78$ értékekkel tudta megbecsülni – ez kiemelkedően jó teljesítménynek (Das és mtsai 2022) számít a precíziós növényvédelemben.

Új horizont a növényvédelemben: az eredmények alapján kijelenthető, hogy a hiperspektrális képalkotás és a mesterséges intelligencia kombinációja forradalmasíthatja a növénykórtani diagnosztikát. A módszer gyors, megbízható és nem destruktív, így lehetővé teszi a fertőzés korai észlelését, még mielőtt a tünetek láthatóvá válnának. Ezáltal a gazdák és növényorvosok időben és célzottan tudnak beavatkozni, csökkentve a termés kiesést és az élelmiszerláncba kerülő mérgezőanyagok kockázatát.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmányt támogatta a Precíziós Bioműszaki Kutatócsoport és kutatás-fejlesztési projektjei.



5. ábra. A GBT modell ROC-AUC értékei napokra bontva (piros oszlopok jelzik a 0,9 alatti teljesítményt). Fotó: Nyéki Anikó

IRODALOM

- Agrárágazat** (2024): A jogszerű drónos növényvédelem aktuális helyzete és jövőképe. Agrárágazat, <https://agraragazat.hu/hir/agrar-permetezodron-permetezes-pilota-mezogazdasag/>
- Agrárágazat** (2025): Már gombaölő szer is permetezhető drónról! Agrárágazat, – <https://agraragazat.hu/hir/agrar-gombaolo-szer-permetezes-dronnal-engedely-nebih-mezogazdasag/>
- Agrawal, J. and Arafat, M. Y.** (2024): Transforming Farming: A Review of AI-Powered UAV Technologies in Precision Agriculture. Drones, 8(11): 664. <https://doi.org/10.3390/drones8110664>
- Ambrus, B., Nyéki, A., Teschner, G. and Moldvai, L.** (2024a): The Effect of Illumination on HSV Colour Segmentation for Ripe Tomatoes based on Machine Vision. Chemical Engineering Transactions, 114: 829–834.
- Ambrus, B., Teschner, G., Kovács, A. J., Neményi, M., Helyes, L., Pék, Z., Takács, S., Alahmad, T. and Nyéki, A.** (2024b): Field-grown tomato yield estimation using point cloud segmentation with 3D shaping and RGB pictures from a field robot and digital single lens reflex cameras. Heliyon, 10(20): e37997. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37997>
- Assirelli, A., Liberati, P., Santangelo, E., Del Giudice, A., Civitarese, V. and Pari, L.** (2015): Evaluation of sensors for poplar cutting detection to be used in intra-row weed control machine. Computers and Electronics in Agriculture, 115: 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.06.001>
- Auat Cheein, F., Steiner, G., Perez Paina, G. and Carelli, R.** (2011): Optimized EIF-SLAM algorithm for precision agriculture mapping based on stems detection. Computers and Electronics in Agriculture, 78(2): 195–207. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.07.007>
- Bernacki, J.** (2020): A survey on digital camera identification methods. Forensic Science International: Digital Investigation, 34: 300983. <https://doi.org/10.1016/j.fsidi.2020.300983>

- Borhi A.** (2022): *Permetező drónok – Lehetőségek és korlátok a mezőgazdaságban*. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
- Das, S., Pattanayak, S. and Behera, P. R.** (2022a): Application of machine learning: a recent advancement in plant diseases detection. *Journal of Plant Protection Research*, 122–135.
- Ehrampoosh, A., Hettiarachchi, P., Koirala, A., Hassan, J., Islam, N., Ray, B., Nabi, M. N., Tolba, M., Mazid, A. M., Xu, C.-Y., Ashwath, N., Dzitac, P. and Moore, S.** (2025): Intelligent weed management using aerial image processing and precision herbicide spraying: An overview. *Crop Protection*, 194: 107206. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2025.107206>
- Emimi, M., Khaleel, M. and Alkrash, A.** (2023): The current opportunities and challenges in drone technology. *Int. J. Electr. Eng. and Sustain.*, 74–89.
- Foteinis, S., Hatzisymeon, M., Borthwick, A. G. L. and Chatzisyseon, E.** (2021): Environmental Impacts of Conventional versus Organic Eggplant Cultivation Systems: Influence of Electricity Mix, Yield, Over-Fertilization, and Transportation. *Environments*, 8(3): 23. <https://doi.org/10.3390/environments8030023>
- Gao, D. and Yin, F.** (2013): Computing a complete camera lens distortion model by planar homography. *Optics and Laser Technology*, 49: 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2012.12.004>
- García-Munguía, A., Guerra-Ávila, P. L., Islas-Ojeda, E., Flores-Sánchez, J. L., Vázquez-Martínez, O., García-Munguía, A. M. and García-Munguía, O.** (2024): A Review of Drone Technology and Operation Processes in Agricultural Crop Spraying. *Drones*, 8(11): 674. <https://doi.org/10.3390/drones8110674>
- Gong, L., Yu, M., Jiang, S., Cutsuridis, V. and Pearson, S.** (2021): Deep Learning Based Prediction on Greenhouse Crop Yield Combined TCN and RNN. *Sensors*, 21(13): 4537. <https://doi.org/10.3390/s21134537>
- Grinblat, G. L., Uzal, L. C., Larese, M. G. and Granitto, P. M.** (2016): Deep learning for plant identification using vein morphological patterns. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127: 418–424. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.07.003>
- Guebsi, R., Mami, S., and Chokmani, K.** (2024): Drones in Precision Agriculture: A Comprehensive Review of Applications, Technologies, and Challenges. *Drones*, 8(11): 686. <https://doi.org/10.3390/drones8110686>
- Hannah, J.** (2017): Agriculture automation needs economic incentives to grow, says U.K. Expert . *The Robot Report*.
- Hou, A.-L., Cui, X., Geng, Y., Yuan, W.-J. and Hou, J.** (2011): Measurement of Safe Driving Distance Based on Stereo Vision. *2011 Sixth International Conference on Image and Graphics*, 902–907. <https://doi.org/10.1109/ICIG.2011.27>
- Jahne, B.** (2004): *Practical Handbook on Image Processing for Scientific and Technical Applications*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780849390302>
- Kwan, C.** (2018): Remote Sensing Performance Enhancement in Hyperspectral Images. *Sensors*, 18(11): 3598. <https://doi.org/10.3390/s18113598>
- López-Maestresalas, A., Keresztes, J. C., Goodarzi, M., Arazuri, S., Jarén, C. and Saeys, W.** (2016): Non-destructive detection of blackspot in potatoes by Vis-NIR and SWIR hyperspectral imaging. *Food Control*, 70: 229–241. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.001>
- Mahlein, A.-K., Alisaac, E., Al Masri, A., Behmann, J., Dehne, H.-W. and Oerke, E.-C.** (2019): Comparison and Combination of Thermal, Fluorescence, and Hyperspectral Imaging for Monitoring Fusarium Head Blight of Wheat on Spikelet Scale. *Sensors*, 19(10): 2281. <https://doi.org/10.3390/s19102281>
- Malik, M. H., Zhang, T., Li, H., Zhang, M., Shabbir, S. and Saeed, A.** (2018): Mature Tomato Fruit Detection Algorithm Based on improved HSV and Watershed Algorithm. *IFAC-PapersOnLine*, 51(17): 431–436. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.183>
- Neményi M.** (2020): Az agrárium és az ökológiai fenntarthatóság II. Rész: A harmadik zöld forradalom és a dolgok internete. *Agricultural and Ecological Sustainability Part 2: The third Green Revolution and the Internet of Things*. Magyar Tudomány. <https://doi.org/10.1556/2065.181.2020.12.11>
- Neményi M.** (2022): Gondolatok „A regeneratív mezőgazdaság Európában” stratégiáról és a célkitűzések megvalósíthatóságának feltételrendszeréről. *Digitalizációs paradigmaváltás az agráriumban*. Magyar Tudomány. <https://doi.org/10.1556/2065.183.2022.10.6>
- Neményi, M., Kovács, A. J., Oláh, J., Popp, J., Erdei, E., Harsányi, E., Ambrus, B., Teschner, G. and Nyéki, A.** (2022): Challenges of sustainable agricultural development with special regard to Internet of Things: Survey. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 18(1): 95–114. <https://doi.org/10.1556/446.2022.00053>
- Nijland, W., de Jong, R., de Jong, S. M., Wulder, M. A., Bater, C. W. and Coops, N. C.** (2014): Monitoring plant condition and phenology using infrared sensitive consumer grade digital cameras. *Agricultural and Forest Meteorology*, 184: 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.09.007>
- Nunes, E. C.** (2023): Employing drones in agriculture: an exploration of various drone types and key advantages. *ArXiv Preprint ArXiv: 2307.04037*.
- Nyéki, A., Teschner, G., Ambrus, B., Neményi, M. and Kovács, A. J.** (2020): Architecting farmer-centric internet of things for precision crop production. *Hungarian Agricultural Engineering*, 38: 71–78. <https://doi.org/10.17676/HAE.2020.38.71>
- Omar, A. and Thorsøe, M. H.** (2024): Rebalance power and strengthen farmers' position in the EU food system? A CDA of the Farm to Fork Strategy. *Agriculture and Human Values*, 41(2): 631–646. <https://doi.org/10.1007/s10460-023-10508-5>

- Ozkan, E.** (2024): Drones for Spraying Pesticides—Opportunities and Challenges. Ohio State University Extension OSUE, <https://ohioline.osu.edu/factsheet/fabe-540>
- Paramo, L. A., Feregrino-Pérez, A. A., Guevara, R., Mendoza, S., and Esquivel, K.** (2020): Nanoparticles in Agroindustry: Applications, Toxicity, Challenges, and Trends. *Nanomaterials*, 10(9): 1654. <https://doi.org/10.3390/nano10091654>
- Popp, J., Oláh, J., Neményi, M. and Nyéki, A.** (2024): Global challenges and the ‘farm to fork’ strategies of the European Green Deal: Blessing or curse. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 20(1): 101–111. <https://doi.org/10.1556/446.2024.00113>
- Rahman, K. A., Hossain, Md. S., Bhuiyan, Md. A.-A., Zhang, T., Hasanuzzaman, Md. and Ueno, H.** (2009): Person to Camera Distance Measurement Based on Eye-Distance. 2009 Third International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering, 137–141. <https://doi.org/10.1109/MUE.2009.34>
- Riba, J.-R.** (2022): Application of Image Sensors to Detect and Locate Electrical Discharges: A Review. *Sensors*, 22(15): 5886. <https://doi.org/10.3390/s22155886>
- Sa, I., Ge, Z., Dayoub, F., Upercroft, B., Perez, T. and McCool, C.** (2016): DeepFruits: A Fruit Detection System Using Deep Neural Networks. *Sensors*, 16(8): 1222. <https://doi.org/10.3390/s16081222>
- SDGs** (2022): The EU and the Sustainable Development Goals. European Parliament Research Service.
- Tarr, M. J., Kersten, D. and Bühlhoff, H. H.** (1998): Why the visual recognition system might encode the effects of illumination. *Vision Research*, 38(15–16): 2259–2275. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(98\)00041-8](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(98)00041-8)
- Vela Almeida, D., Kolinjivadi, V., Ferrando, T., Roy, B., Herrera, H., Vecchione Gonçalves, M. and Van Hecken, G.** (2023): The “Greening” of Empire: The European Green Deal as the EU first agenda. *Political Geography*, 105: 102925. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2023.102925>
- Zhai, Z., Zhu, Z., Du, Y., Song, Z. and Mao, E.** (2016): Multi-crop-row detection algorithm based on binocular vision. *Biosystems Engineering*, 150: 89–103. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.07.009>
- Zhang, C. and Kovacs, J. M.** (2012): The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 13(6): 693–712. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>
- URL¹:** <https://www.Biológiai%20növényvédelem%20-%20áttekintés.html>

DRONES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED MANAGEMENT PROGRAMMES FOR SUSTAINABLE CROP PROTECTION

A. Nyéki, M. Neményi, B. Ambrus, G. Teschner and A.J. Kovács

Széchenyi István University, Albert Kázmér Faculty of Mosonmagyaróvár, Department of Bioengineering and Precision Technology, Vár square 2., Mosonmagyaróvár 9200, Hungary
E-mail: ambrus.balint@sze.hu

The authors’ experience shows that the criticisms directed against the European Green Deal (EZM) are generally not well-founded from a professional or scientific perspective. Based on decades of experience, we state that fulfilling these expectations is impossible without the involvement of engineering and IT disciplines, precision agriculture technologies suitable for site-specific treatments, and their operation using Artificial Intelligence (AI). The importance of applying data collection technologies must be especially emphasized. This paper focuses on remote sensing-based and AI-driven data collection. The authors firmly believe that the expectations set out in the EZM must be met within a real-time horizon (5–10 years), even if the EZM ultimately fails. It is also a fact that the yield losses resulting from the reduction of chemicals (pesticides, fertilizers) can only be compensated if, in addition to bio-system engineers — who primarily aim for physical solutions — other disciplines, such as biotechnology, also do everything possible to ensure success.

Keywords: F2F, IoT, cloud computing, spraying and monitoring drone, AI, EGD, hyperspectral imaging, early detection

Érkezett: 2025. június 10.

A SZŐLŐ ÉS KÖRNYEZETE KÖZÖTTI FITOPATOGEN KAPCSOLATOK

Lepres Luca Annamária^{1,2,3}, Molnár Anna^{1,3}, Geiger Adrienn^{1,3}, Váczy Kálmán Zoltán¹ és Geml József^{1,3}

¹Élelmiszertudományi és Borászati Tudásközpont, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, 3300 Eger, Leányka u. 6., Magyarország

²Környezettudományi Doktori Iskola, Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1., Magyarország

³HUN-REN-EKKE Lendület Környezet Mikrobiom Kutatócsoport, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, 3300 Eger, Leányka u. 6., Magyarország
e-mail: lepres.luca@uni-eszterhazy.hu

A szőlőtermesztés Magyarország egyik meghatározó és tradicionális mezőgazdasági ágazata. A szőlőültetvények legtöbbször gyümölcsösökkel és feltermesztetes cserjés vegetációval tarkított tájba ágyazottak, amelyeket a Rosaceae családba tartozó cserjék, mint a gyepűrózsa (*Rosa canina*) és a kőkény (*Prunus spinosa*) uralnak. A környező növényzetnek, a szőlő (*Vitis vinifera*) egészségére gyakorolt lehetséges hatása azonban alig ismert, annak ellenére, hogy a szőlő és rózsafélék (*Rosaceae*) családjába tartozó gyümölcsfák, számos közös gombakórokozóval rendelkeznek.

Vizsgálataink során összehasonlítottuk a szőlő, a kajszibarack (*Prunus armeniaca*), a körte (*Pyrus communis*), a gyepűrózsa és a kőkény fa- és levélmintáiból származó növénypatogén gombaközösségeket. A mintákat 2021-ben gyűjtöttük, márciusban, júniusban és szeptemberben az Egri borvidéken, majd az ITS2 rDNS metabarcoding adatokat Illumina MiSeq segítségével állítottuk elő és a dada2 csomag segítségével elemeztük R-ben. A minőségi szűrésen átesett szekvenciák taxonómiai azonosítása a UNITE referencia adatbázis felhasználásával történt. A nemzetség szinten azonosított gombaszekvenciákat a FungalTraits adatbázis alapján funkcionális csoportokhoz rendeltük. Összehasonlítottuk a növénypatogén gombák fajgazdagságát és összetételét a gazdanövények, a mintavételi források (levelek és fás szövetek), a mintavételi helyek és az időpontok között.

Az eredmények azt mutatták, hogy a levelekben a növénypatogén gombák összetételére nagy hatással volt a mintavétel időpontja, a variancia 26%-át magyarázva. Míg a fás részek esetében a fitopatogén gombaközösségek összetételét elsősorban a gazdanövény taxonómiai hovatartozása határozta meg, ami az összetétel varianciájának 13,6%-át magyarázta. A szőlő korai tőkeelhalását okozó kórokozókat minden vizsgált növényből kimutattuk és a patogén gombák jelentős része azonosnak bizonyult. A legnagyobb átfedés a körte és a szőlő (23,5%), illetve a szőlő és a gyepűrózsa (16,5%) között volt. Ez azt jelzi, hogy a környező növényzet potenciális inokulum forrásként szolgálhat a szőlő ültetvények számára. Ezek az eredmények rávilágítanak a fitopatogén gombaközösség, a gazdanövények és a környezeti tényezők közötti összetett kölcsönhatásokra, kiemelve a tájszintű megközelítés szükségességét a kultúrnövények és környezetük közötti mikrobiális kapcsolatok jobb megértéséhez.

Kulcsszavak: szőlő, Rosaceae, gyümölcsfák, szőlő tőkebetegségek (GTDs)

A szőlőültetvény mikrobiomját folyamatosan befolyásolják a térbeli és időbeli változások, valamint a biotikus és abiotikus tényezők összetett kölcsönhatásai (Pancher és mtsai 2012, Zarraonaindia és mtsai 2015, Castañeda és mtsai 2018, Molnár és mtsai 2022, Leal és mtsai 2024). Az éghajlati és időjárási mintázatok

kulcsszerepet játszanak a ciklikus fenológiai fázisok, a térbeli heterogenitás, valamint a szőlő és környezete között zajló mikrobiális proliferáció évenkénti alakításában. Számos potenciális rezervoár, például a talaj, a szőlőtőke kérge és a szomszédos növények biztosítanak áttelelő élőhelyet a szőlőhöz társuló gombák

és baktériumok számára (Knief és mtsai 2010, Martins és mtsai 2012, Bokulich és mtsai 2014). A mikrobiális szaporodást és terjedést tovább befolyásolják az emberi tevékenységek, a rovar interakciók és az időjárási események, különösen a tavaszi, nyári és őszi vegetációs időszakokban. A különböző termesztett növényfajok mikrobiomja és a közeli vegetációban található környezeti mikrobiális rezervoárok közötti kapcsolatok azonban alig ismertek (Compant és mtsai 2011, Berg és mtsai 2014).

A szőlő esetében a növényi szervek jelentősebb hatást gyakorolnak a mikrobiális közösségek összetételére, mint a földrajzi elhelyezkedés (Morrison-Whittle és Goddard 2015, Zarraonaindia és mtsai 2015, Geiger és mtsai 2022, Leal és mtsai 2024). Ez arra utal, hogy a növényi szövetekben szelektíven jelenhetnek meg azok a mikroorganizmusok, amelyek egy adott élőhely ökológiai viszonyaihoz alkalmazkodva fejlődtek. A környezeti szelekció elsődleges szűrőként működhet, amely alakítja a különböző növényi részeket kolonizálni képes helyi mikroba populációkat (Griggs és mtsai 2021). Mindazonáltal a terroir jelentősen befolyásolhatja a mikrobiom összetételét, különösen, ha a vizsgálat a növényi részekre összpontosít, mely megállapítás a szőlő (Zarraonaindia és mtsai 2015, Deyett és Rolshausen 2019, Geiger és mtsai 2022, Leal és mtsai 2024) és más növények esetében is igazolt (Coleman-Derr és mtsai 2016, Wagner és mtsai 2016).

Bár a DNS-alapú módszerek egyre inkább teret nyernek a növénykórtanban, a tájleptéki megközelítések, amelyek különböző gazdanövényeken vizsgálják a mikrobiális közösségeket egymás közelében, még mindig ritkák, pedig az ilyen kutatások nélkülözhetetlenek, hogy jobban megértsük a szőlő, a gyümölcsfák és a közeli őshonos cserjék közötti esetleges kórtani kapcsolatokat. Korábban már leírták, hogy a szőlő és a rózsafélék családjába tartozó gyümölcsfák – például az almatermésűek és a csonthéjasok – több közös gombakórokozóval is rendelkeznek, például azokkal, amelyek a fás részek megbetegedéséért felelősek. A *Phaeoacremonium* fajok, amelyek az Esca típusú szőlő tőkebetegség kórokozóiként ismertek, az alma és a kajszibarack-

fákat is megbetegítik (Damm és mtsai 2008, Cloete és mtsai 2011, Arzanlou és mtsai 2014). Egy másik GTD kórokozó gomba, az *Eutypa lata*, számos termesztett és vadon élő fás szárú növényből is ki lett mutatva, például a *Prunus avium*, *Prunus cerasus*, *Prunus dulcis*, *Malus domestica*, *Pyrus communis* és *Juglans regia* fajokból (Carter és mtsai 1983, Carter 1991), ugyanakkor ez a gomba leggyakrabban a kajszibarack- és cseresznye ültetvényekben, valamint a szőlőültetvényekben fordul elő (Ramos és mtsai 1975, Munkvold 1992).

Anyag és módszer

Mintagyűjtés és DNS kivonás

Szőlőből, körtéből, kajszibarackból, gyepűrózsából és kökényből gyűjtöttünk mintákat az Egri Borvidék két területén, Kőlyuktető dűlőből, ahol az Eszterházy Károly Katolikus Egyetem kísérleti szőlőbirtoka található (47,863232N, 20,385180) valamint egy több zártkertből álló területen, az andornaktályai Mihálynagytető dűlőből (47,839640N, 20,371429E). A mintavétel konvencionálisan kezelt szőlőültetvényekben és gyümölcsösökben történt, amelyeket korai szukcessziós féltermészetes élőhelyek vesznek körül. A konvencionális növényvédelem elsősorban szintetikus hatóanyagokat tartalmazó növényvédelmi készítmények alkalmazásán alapul, melyek célzottan lépnek fel a növényi kórokozók, kártevők és gyomnövények ellen. A rendszeres permetezés előre meghatározott menetrend szerint, gyakran megelőző jelleggel történik. Az ültetvényeket körülvevő nem művelt vagy műveléssel felhagyott területek bővelkednek a hazánkban őshonos cserjefajokban, mint a gyepűrózsa és kökény. A mintavételezések 2021. március, június és szeptember első hetében történtek. Minden növényről két különböző mikroéletteret vizsgáltunk: a leveleket és a fás részeket. Júniusban és szeptemberben levelekből és fás részekből is gyűjtöttünk mintát, míg márciusban levelek hiányában, csak fás részekből. A fás szövet mintavétele a törzsből és az ágakból történt. Összesen 245 növényi mintát gyűjtöttünk a két mintavételi területől,

ebből 98 levélminta és 147 fás részből vett minta volt. A három mintavételi időpontban 45 szőlő, 33 kökény, 30 gyepűrózsa, 21 körte és 18 sárgabarack mintát vettünk a fás részekből. Júniusban és szeptemberben 30 szőlő, 22 kökény, 20 gyepűrózsa, 14 körte és 12 kajszi-barack levélmintát gyűjtöttünk. A terepi munkát követően a mintákat azonnal a laboratóriumba szállítottuk, ahol 80°C-on tároltuk, a feldolgozáshoz liofilizáltuk, majd homogenizáltuk. A genomi DNS-t liofilizált és homogenizált növényi anyagból izoláltuk Macherey-Nagel GmbH & Co. (Düren, Németország) Plant DNAzol kit készletével. Az ITS2 riboszomális DNS régió PCR segítségével lett sokszorozva az ITS7 (Ihrmark és mtsai 2012) és ITS4 (White és mtsai 1990) primerek segítségével, amelyek Illumina szekvenáláshoz szükséges illesztő szekvenciákkal lettek ellátva (Illumina, San Diego, CA).

Bioinformatikai és statisztikai elemzések

A statisztikai elemzések túlnyomó részét az R szoftver környezetben végeztünk (R Development Core Team, 2013). A nyers DNS-szekvenciák feldolgozása a dada2 csomaggal (Callahan és mtsai 2016) történt, mely egyedi ampikon szekvencia variánsokat (ASV-eket) eredményez. A gombák taxonómiai besorolását a USEARCH v.11 (Edgar 2010) és a 2023. július 25-i UNITE referenciaadatbázis segítségével végeztük, amely a gombafajok minden lehetséges taxonómiai egységét dinamikus felosztás alapján tartalmazza (Köljalg és mtsai 2013). A gombák ASV-ét a FungalTraits adatbázis (Pölme és mtsai 2020) alapján funkcionális csoportokba soroltuk. A gombaközösségi mátrixot a legalacsonyabb szekvenciaolvasat-számhoz igazítva normalizáltuk (almintáztuk) a rrarefy parancs segítségével, amely a vegan R csomag része (Oksanen és mtsai 2007). Az ASV-k gazdagságára és előfordulási gyakoriságára ható tényezők (pl. mintavételi forrás, terület és a mintavétel ideje) statisztikai hatását egy- és kétváltozós varianciaanalízissel (ANOVA) elemeztük. A mintákban talált patogén gombaközösségek összetételbeli eltéréseit nem-metrikus többdimenziós skálázással (NMDS) ábrázoltuk

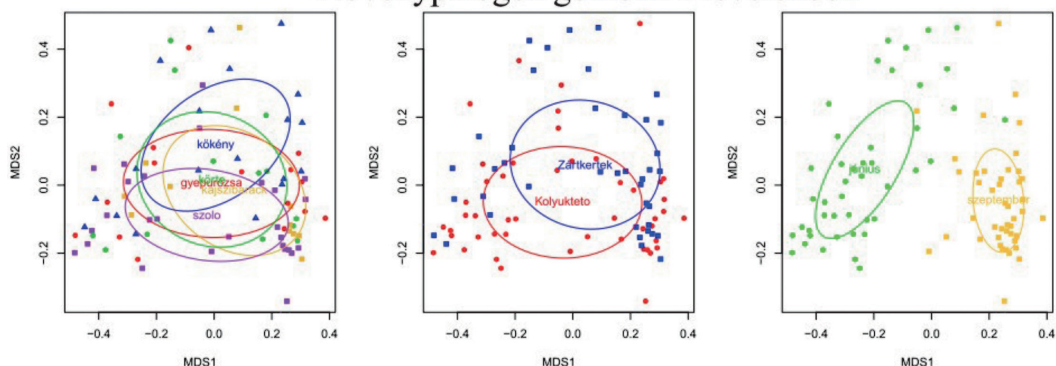
Bray-Curtis távolságok alapján. A környezeti változók és a fitopatogén gombaközösségek összetételbeli varianciája közötti lehetséges kapcsolatokat permutációs varianciaanalízissel vizsgáltuk az adonis parancs segítségével.

Eredmények

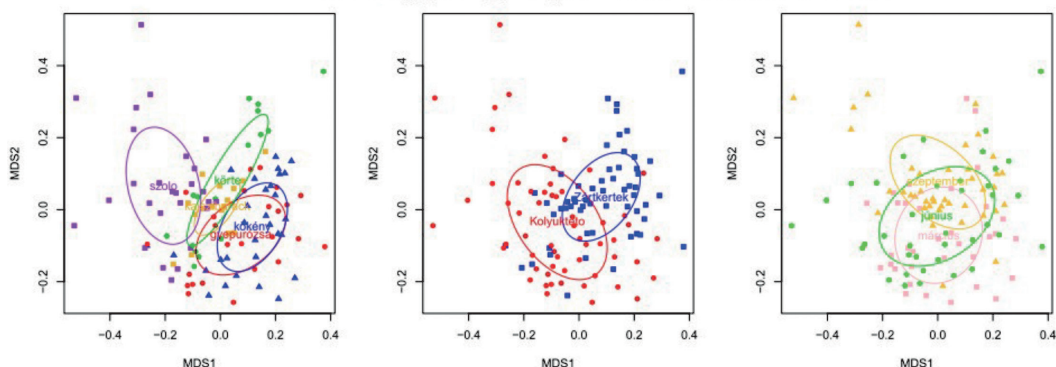
A különböző növénypatogén gombák fajgazdagságának és relatív abundancia értékeinek varianciaelemzései szignifikáns különbségeket mutattak a vizsgált növények között a fás részekben. A levelek esetében nem volt jelentős eltérés a vizsgált növények fitopatogén gombáinak fajgazdagságában és abundanciájában. A fás részekben lévő növénypatogén gombák fajgazdagsága, a legmagasabb értéket a gyepűrózsa esetében érte el, míg a legalacsonyabbat a körte és szőlő (GyF-SzF: $p = 0,0000249$; GyF-KrF: $p = 0,0024171$; KkF-SzF: $p = 0,0074328$) esetében mutatta. A fitopatogén gomba abundancia magas volt mind a szőlőben, mind gyepűrózsában, viszont alacsony volt a körtében (GyF-KrF: $p = 0,0000784$; SzF-KrF: $p = 0,0117902$). A fás részekben lévő GTD patogének fajgazdagságát és abundanciáját is elemeztük. A relatív abundanciában nem voltak jelentős eltérések a vizsgált növények között, de a GTD gombák fajgazdagságában a kajszi-barack és a körte között találtunk szignifikáns különbséget (KrF-KaF: $p = 0,0211054$). A két eltérő termőhelyről (Kölyuktető dűlő és zártkertek) gyűjtött, de ugyanazon fajhoz tartozó növények között a fás részekben és a levelekben se volt kimutatható jelentős különbség sem a fitopatogén gombák fajgazdagságában sem az abundanciájában. Az ASV-k száma, azaz a fajgazdagság a fás részekben lévő GTD patogén gombák esetében mutatott szignifikáns eltérést a termőhelyek között. A GTD patogén ASV-k számában a szignifikáns különbség volt a gyepűrózsa és a körte eltérő termőhelyről gyűjtött mintái között (GyZ-GyK: $p = 0,0418691$; KrK-KrZ: $p = 0,0004383$).

A növénypatogén gombaközösség és a GTD patogének összetételbeli eltéréseivel kapcsolatban a kétdimenziós NMDS-ordináció (1. ábra). és a PERMANOVA eredményei azt mutatták,

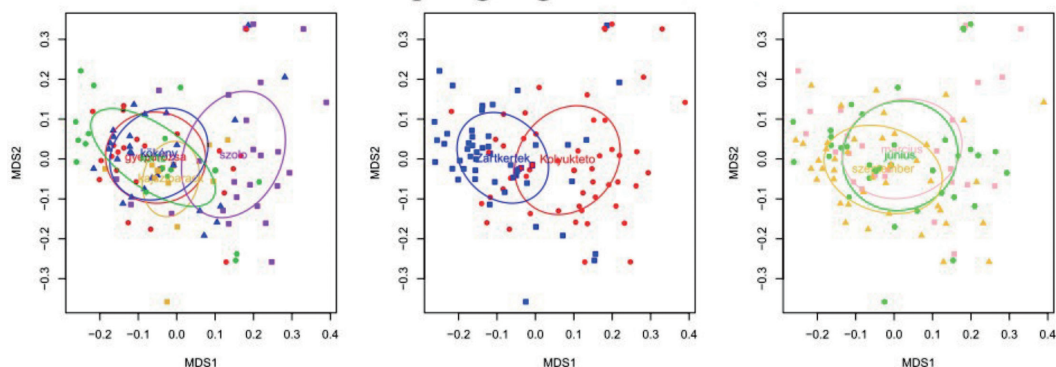
Növénypatogén gombák a levelekben



Növénypatogén gombák a fás részekben



GTD patogén gombák a fás részekben



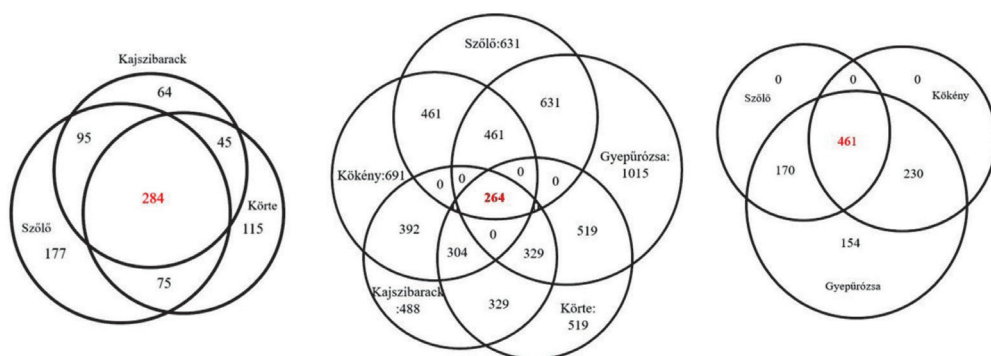
1. ábra. Nem metrikus többdimenziós skálázás (NMDS) ordinációs ábrák, amelyek a levelek és a fás részek növénypatogén gombaközösségeinek összetételét és a GTD patogének összetételét befolyásoló tényezők – gazdanövény, mintavételi terület és a mintavétel hónapja – által okozott különbségeket mutatják

hogy míg a fitopatogén gombaközösségek összetételét mindhárom tényező (gazdanövény, termőhely, évszak) jelentősen befolyásolta, ad-

dig a GTD-t okozó gombák összetételére csak a gazdanövény és a termőhely volt erős hatással, az évszak nem. A levelek növénypatogén gom-

báinak esetében a mintavételi időpont, azaz az évszak volt a legmeghatározóbb tényező, amely a variancia 26%-át magyarázta. Ezt követte a gazdanövény (7,6%), majd a mintavételi terület (4,5%). A famintákból származó fitopatogén gombaközösségek összetételét szintén erőteljesen befolyásolta a gazdanövény, amely a variancia 13,6%-át magyarázta, de ebben az esetben a termőhely és a mintavételi időpont szinte egyenlő mértékben fontos volt, a terület 5,4%-kal, míg a mintavételi időpont 5,5%-kal járult hozzá a varianciához. A famintákból kimutatott tökeelhalásos betegségeket okozó gombák összetételét leginkább a gazdanövény faja (10%) határozta meg, de a termőhely (6,5%) is jelentős tényező volt. A mintavétel ideje viszont nem mutatkozott szignifikáns faktornak.

őshonos gyümölcstermő növények és a szőlő fitopatogén gomba ASV-ainak átfedését is megvizsgáltuk Venn-diagram segítségével (2. ábra). A szőlő, a körte és a kajszibarack közötti teljes átfedésben 284 növénypatogén gomba ASV volt. Ezek nemzetségszintű beazonosítása után a domináns nemzetségek között szintén az első helyen volt az *Alternaria*, amit a *Phyllosticta* követett. Jellemző nemzetségek voltak még a *Taphrina*, a *Pseudopezicula*, a *Seimatosporium*, *Phaeomoniella* és a *Pseudopezicula*. A szőlő, a kökény és a gypűrózsa 461 közös ASV-val rendelkezett. Ezek között a legtöbb ASV-t tartalmazó nemzetségek között szintén ott volt az *Alternaria* és a *Phyllosticta*, de a *Diaporthe* és a *Didymella* ASV-k is nagy arányban voltak jelen.

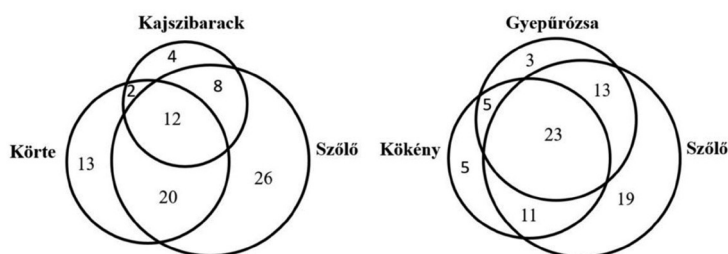


2. ábra. Euler (középen) és Venn-diagrammok (bal és jobb oldalon), melyek a vizsgált növények között megosztott növénypatogén gomba ASV-k számát mutatják

Az öt-halmazos Euler-diagram a fitopatogén gombák átfedését mutatja a vizsgált növények között (2. ábra). A legtöbb ASV-t a gypűrózsa minták (fa és levél egyaránt) tartalmazták (1015 ASV), ezt követte a kökény 691 ASV-fel, majd a szőlő (631 ASV) és a körte (519 ASV). A legkevesebb növénypatogén gomba ASV-t (488 ASV) kajszibarack mintái tartalmazták. A teljes átfedésben 264 növénypatogén gomba ASV volt, melyeket nemzetség szinten beazonosítottunk. Ezek alapján a legdominánsabb nemzetségek a következők voltak: *Alternaria*, *Phyllosticta*, *Taphrina*, *Pseudopezicula*, *Seimatosporium*, *Phaeomoniella*. Ezek után a termesztett gyümölcsök és a szőlő, illetve az

A szőlő tökebetegségeit okozó kórokozók átfedését is megvizsgáltuk, a szőlő és a kultúr-növények (kajszibarack, körte), valamint a szőlő és az őshonos cserjék (gypűrózsa, kökény) faanyagmintáiban (3. ábra). A termesztett növényekben összesen 85 GTD-kórokozót képviselő ASV-t találtak. Ezek közül 12 ASV volt jelen mindhárom növényben, ami az összes ASV 14%-át teszi ki. A gazdanövények páronkénti összehasonlításakor a legnagyobb átfedés a körte és a szőlő között volt (23,5% átfedés), ezt követte a szőlő és a kajszibarack (9,4% átfedés), végül a kajszibarack és a körte (2,35% átfedés). A teljes átfedésben lévő ASV-k nemzetségszintű beazonosítása meg-

mutatta, hogy a közös ASV-k, a *Diaporthe*, az *Eutypa*, a *Phaeomoniella*, a *Phaeoacremonium* és a *Neofusicoccum* nemzetségekhez tartoztak. A szőlőt és az őshonos cserjéket összehasonlítva figyelemre méltó eredményeket kaptunk. A három vizsgált növényben összesen 79 ASV képviselte a GTD kórokozókat, amelyek közül 23 ASV közös volt (29% átfedés). A növényeket párban összehasonlítva a legnagyobb átfedés a szőlő és a gyeptörzsa között volt (16,5% átfedés), ezt követte a szőlő és a kökény (14% átfedés), majd a kökény és a gyeptörzsa 6,3% átfedéssel. A teljes átfedésben lévő ASV-k nemzetségsszintű beazonosítása alapján a leggyakoribb közös ASV-k a *Diaporthe*, *Truncatella*, *Phaeomoniella* és a *Neofusicoccum* nemzetségek voltak.



3. ábra. Venn-diagrammok, melyek a termesztett növények – szőlő, kajsziarack és a körte –, valamint a szőlő és az őshonos cserjék között megosztott GTD patogén gomba ASV-k számát mutatják

Következtetések

A varianciaanalízis eredményei azt mutatják, hogy fitopatogén gombák fajgazdagsága és abundanciája több eltérést mutat a fás részekben, mint a levelekben. Ennek oka, hogy a fás részek állandó élőhelyet biztosítanak a mikroorganizmusok számára, mivel a kéreg potenciálisan fontos telelőhelyként szolgálhat számos gombafaj számára (Grove 2004, Cregger és mtsai 2018, Geiger és mtsai 2022). A GTD kórokozók fajgazdagságának összehasonlítása az eltérő termőhelyek között a szőlő esetében nem mutatott jelentős eltérést, mely megállapítás egyezik Geiger és munkatársainak (2022) eredményeivel, akik szintén nem találtak különbséget a szőlő fás részeiből származó minták GTD patogén ASV gazdagságában az eltérő mintavé-

teli helyek között. Ezzel szemben a gyeptörzsa és a körte GTD patogén fajgazdagsága már jelentős eltéréseket mutatott a különböző termőhelyek között. A GTD kórokozóinak más növényekben való előfordulásáról szóló kutatások korlátozottak, így ezt az eredményt más kutatásokkal nem tudtuk összevetni. Ennek oka viszont visszavezethető arra a tényre, hogy egyes élőhelyi tényezők, például a nedvességszint és a páratartalom, jelentősen növelik a gombák fajgazdagságát, amelyek kulcsfontosságúak a kórokozók fejlődése és a betegségek megjelenése szempontjából (Burdon 1987, 1991, Talley és mtsai 2022).

Azt feltételeztük, hogy az abiotikus tényezők erősebben hatnak a gombaközösségek összetételére, mint a gazdanövény faja. Eredményeinkből viszont kiderült, hogy míg a fitopatogén levélgombaközösségek összetételét elsősorban az évszak befolyásolta, addig a fás szövetekben élő növénypatogén gombák esetében erős gazdanövényhatás volt megfigyelhető, az abiotikus tényezők pedig kisebb, de mégis szignifikáns szerepet játszottak a közösségi összetétel válto-

zásaiban. A növénypatogén gombaközösségek összetétele a levelekben erősebben függ a szezonális változásoktól, mint a fás részekben, melyet számos tanulmány megerősít. Eszerint a levélgomba-közösségek szezonális szukcessziós mintázatokat mutatnak, és a mikrobiom minden növekedési időszakban újraszerveződik. Ez a dinamika különösen hangsúlyos az egyéves vagy lombhullató növények esetében, ahol a gombák minden tavasszal újra kolonizálják a leveleket, így a közösség szerkezete idővel változik a környezeti feltételek és a gazdanövény élettani állapota hatására (Tanunchai és mtsai 2022, VanWallendael és mtsai 2022). Ezen kívül az öregedő levelekhez kötődő gombaközösségek összetétele jelentős szezonális változásokat mutat, amelyeket olyan tényezők befolyásolnak, mint a hőmérséklet, a nedvesség és a levélöre-

gedés szakaszai. Ezek a tényezők azonban a fás részeket kisebb mértékben érintik, mivel azok szerkezetileg stabilabbak és eltérő ökológiai szerepet töltenek be (Tanunchai és mtsai 2022). Ezek az eredmények megerősítik, hogy míg a levelek dinamikus gombaközösségei az évszakokkal együtt változnak, addig a fás részek mikrobiális populációi kevésbé érzékenyek az időbeli ingadozásokra. Ez a különbség kulcsfontosságú a gazdanövény-kórokozó kölcsönhatások és a gombák ökológiájának megértésében a különböző növényi struktúrákban. Továbbá a levelek és a fás részek gombaközösségeinek összetétele közötti eltérést magyarázhatja az is, hogy erőteljes niche-alapú folyamatok alakítják ezeket a közösségeket, és számos gomba kifejezetten bizonyos növényi részekre specializálódott (Martínez-Diz és mtsai 2019, Geiger és mtsai 2022, Molnár és mtsai 2022). A termőhely bizonyítottan befolyásolja a szőlőtőkék növénypatogén gombaközösségeit (Geiger és mtsai 2022, Leal és mtsai 2024). Kutatásunk során is jelentős különbségeket találtunk a fitopatogén gombaközösségek összetételében a két mintavételi terület között. Ezek a különbségek olyan tényezőktől is függenek, mint a mikroklíma, a talajtípus, a növényzet sűrűsége és diverzitása, a környezeti stresszhatások (pl. szennyezés, emberi beavatkozás) és a növényvédelem (Castañeda és mtsai 2018, Tanunchai és mtsai 2022, Lepinay és mtsai 2024).

A vizsgált növények fitopatogén gombáinak nagymértékű átfedése, azt mutatja, hogy ezek a növények mikrobiális rezervoárként szolgálhatnak a növénypatogén számára. Ez a szerep kritikus a növénybetegségek dinamikájában, mert a fent említett növénypatogének túlnyomó része a tünetmentes gazdanövényekben is fennmaradhat, sőt valószínűleg a vizsgált haszonnövények természetes mikrobiomjához tartoznak. A vizsgált növények közös fitopatogén gombái között az *Alternaria* nemzetség gombáit mutattuk ki a legnagyobb arányban. Ez azért lehetséges, mert az *Alternaria* nemzetséghez tartozó gombák a legelterjedtebb és legjelentősebb endofita és opportunistá fitopatogén gombák közé tartoznak, de lehetnek szaprofiták is. Patogénként számos mezőgazdasági növény tárolási és másodlagos

betegségeinek okozói lehetnek (Simmons 2007, Lawrence és mtsai 2016, Singh és mtsai 2016).

Almatermesű gyümölcsfákban, konkrétan a körtében és az almában azonosították a szőlő tőkebetegségekért felelős kórokozókat, mint a *Diplodia*, *Neofusicoccum*, *Phaeoacremonium*, *Phomopsis* és *Eutypa lata*. Például a *Diplodia seriata* és a *Neofusicoccum australe* a szőlő, az alma és a körte hajtásain is károsodást okozott, ami arra utal, hogy ezek a fajok képesek terjedni ezek között a növények között, ha azok egymás közvetlen közelében nőnek (Cloete és mtsai 2011). Fontos megjegyezni, hogy a GTD kórokozók is széles körben elterjedtek a szőlőültetvényekben, a legtöbb esetben látens fertőzést okozva, azaz opportunistá kórokozóként viselkednek. Többnyire akkor okoznak látható betegségi tüneteket, amikor a gazdanövény immunrendszere legyengül valamilyen stresszhatás következtében (Geiger és mtsai 2022, Leal és mtsai 2024). Mindez azt jelzi, hogy a szőlőültetvényeink jó kondícióban tartásával, azaz a betegség kialakulásának megelőzésével védekezhetünk leghatékonyabban a szőlő korai tőkeelhalásával szemben. Mivel a betegséért felelős patogének mind az ültetvényekben mind a környező vegetációban jelen vannak, és könnyen terjedhetnek a növények között.

Köszönetnyilvánítás

Ezt a kutatást a Magyarország Kulturális és Innovációs Minisztériuma támogatta a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból (projekt száma: TKP-2021-NKTA-16), valamint a Magyar Tudományos Akadémia Lendület Programja (támogatási szám: 96049) és a HUN-REN Magyar Kutatási Hálózat finanszírozásával.

IRODALOM

- Arzanlou, M., Narmani, A., Khodaei, S. and Moshari, S. (2014): Pome and stone fruit trees as possible reservoir hosts for *Phaeoacremonium* spp., the causal agents of grapevine esca disease, in Iran. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 47(6): 717–727. <https://doi.org/10.1080/0323540.2013.820387>

- Berg, G., Grube, M., Schlöter, M. and Smalla, K.** (2014): Unraveling the plant microbiome: Looking back and future perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 5: 148. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00148>
- Bokulich, N. A., Thorngate, J. H., Richardson, P. M. and Mills, D. A.** (2014): Microbial biogeography of wine grapes is conditioned by cultivar, vintage, and climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111: E139–E148. <https://doi.org/10.1073/pnas.1317377110>
- Burdon, J. J.** (1987): *Diseases and plant population biology*. CUP Archive.
- Burdon, J. J.** (1991): Fungal pathogens as selective forces in plant populations and communities. *Austral Ecology*, 16: 423–432.
- Callahan, B. J., McMurdie, P. J., Rosen, M. J., Han, A. W., Johnson, A. J. A. and Holmes, S. P.** (2016): DADA2: High-resolution sample inference from amplicon data. *Nature Methods*, 13: 581–583. <https://doi.org/10.1038/nmeth.3869>
- Carter, M. V.** (1991): The status of *Eutypa lata* as a pathogen. *International Mycological Institute, Phytopathological Papers*, 32.
- Carter, M. V., Bolay, A. and Rappaz, F.** (1983): An annotated host list and bibliography of *Eutypa armeniacae*. *Review of Plant Pathology*, 62: 251–258.
- Castañeda, L. E., Miura, T., Sánchez, R. and Barbosa, O.** (2018): Effects of agricultural management on phyllosphere fungal diversity in vineyards and the association with adjacent native forests. *PeerJ*, 6: e5715.
- Cloete, M., Fourie, P. H., Damm, U., Crous, P. W. and Mostert, L.** (2011): Fungi associated with die-back symptoms of apple and pear trees with a special reference to grapevine trunk disease pathogens. *Phytopathologia Mediterranea*, 50: 176–190.
- Coleman-Derr, D., Desgarennes, D., Fonseca-Garcia, C., Gross, S., Clingenpeel, S., Woyke, T. et al.** (2016): Plant compartment and biogeography affect microbiome composition in cultivated and native *Agave* species. *New Phytologist*, 209: 798–811. <https://doi.org/10.1111/nph.13697>
- Compant, S., Mitter, B., Colli-Mull, J. G., Gangl, H. and Sessitsch, A.** (2011): Endophytes of grapevine flowers, berries, and seeds: Identification of cultivable bacteria, comparison with other plant parts, and visualization of niches of colonization. *Microbial Ecology*, 62: 188–197. <https://doi.org/10.1007/s00248-011-9883-y>
- Cregger, M. A., Veach, A. M., Yang, Z. K., Crouch, M. J., Vilgalys, R., Tuskan, G. A. et al.** (2018): The *Populus* holobiont: Dissecting the effects of plant niches and genotype on the microbiome. *Microbiome*, 6: 31. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0413-8>
- Damm, U., Mostert, L., Crous, P. W. and Fourie, P. H.** (2008): Novel *Phaeoacremonium* species associated with necrotic wood of *Prunus* trees. *Persoonia*, 20: 87–102.
- Deyett, E. and Rolshausen, P. E.** (2019): Temporal dynamics of the sap microbiome of grapevine under high Pierce's disease pressure. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1246. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01246>
- Edgar, R. C.** (2010): Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST. *Bioinformatics*, 26: 2460–2461. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btq461>
- Geiger, A., Karácsony, Z., Golen, R., Váczy, K. Z. and Geml, J.** (2022): The compositional turnover of grapevine-associated plant pathogenic fungal communities is greater among intraindividual microhabitats and terroirs than among healthy and Esca-diseased plants. *Phytopathology*, 112(5): 1029–1035.
- Griggs, R. G., Steenwerth, K. L., Mills, D. A., Cantu, D. and Bokulich, N. A.** (2021): Sources and assembly of microbial communities in vineyards as a functional component of winegrowing. *Frontiers in Microbiology*, 12: 673810.
- Grove, G. G.** (2004): Perennation of *Uncinula necator* in vineyards of eastern Washington. *Plant Disease*, 88: 242–247. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.3.242>
- Ihrmark, K., Bodeker, I.-T.-M., Cruz-Martinez, K., Friberg, H., Kubartova, A., Schenck, J., Strid, Y., Stenlid, J., Brandström-Durling, M., Clemmensen, K. E. and Lindahl, B. D.** (2012): New primers to amplify the fungal ITS2 region—evaluation by 454-sequencing of artificial and natural communities. *FEMS Microbiology Ecology*, 82(3): 666–677. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2012.01437.x>
- Knief, C., Ramette, A., Frances, L., Alonso-Blanco, C. and Vorholt, J. A.** (2010): Site and plant species are important determinants of the *Methylobacterium* community composition in the plant phyllosphere. *ISME Journal*, 4: 719–728. <https://doi.org/10.1038/ismej.2010.9>
- Köljal, U., Nilsson, R. H., Abarenkov, K., Tedersoo, L., Taylor, A. F., Bahram, M. et al.** (2013): Towards a united paradigm for sequence-based identification of fungi. *Molecular Ecology*, 22(21): 5271–5277. <https://doi.org/10.1111/mec.12481>

- Lawrence, D. P., Rotondo, F. and Gannibal, P. B. (2016): Biodiversity and taxonomy of the pleomorphic genus *Alternaria*. *Mycological Progress*, 15(1): 1–22. <https://doi.org/10.1007/s11557-015-1144-x>
- Leal, C. M., Geiger, A., Molnár, A., Váczy, K. Z., Kgobe, G., Zsófi, Z. and Geml, J. (2024): Disentangling the effects of terroir, season, and vintage on the grapevine fungal pathobiome. *Frontiers in Microbiology*, 14: 1322559.
- Lepinay, C., Větrovský, T. and Chytrý, M. et al. (2024): Effect of plant communities on bacterial and fungal communities in a Central European grassland. *Environmental Microbiome*, 19: 42. <https://doi.org/10.1186/s40793-024-00583-4>
- Martínez-Diz, M. D. P., Andrés-Sodupe, M., Bujanda, R., Díaz-Losada, E., Eichmeier, A. and Gramaje, D. (2019): Soil-plant compartments affect fungal microbiome diversity and composition in grapevine. *Fungal Ecology*, 41: 234–244. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2019.07.003>
- Martins, G., Miot-Sertier, C., Lauga, B., Claisse, O., Lonvaud-Funel, A., Soulas, G. et al. (2012): Grape berry bacterial microbiota: Impact of the ripening process and the farming system. *International Journal of Food Microbiology*, 158: 93–100. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.06.013>
- Molnár, A., Geml, J., Geiger, A., Leal, C. M., Kgobe, G., Tóth, A. M. et al. (2022): Exploring relationships among grapevine chemical and physiological parameters and leaf and berry mycobiome composition. *Plants*, 11: 1924. <https://doi.org/10.3390/plants11151924>
- Morrison-Whittle, P. and Goddard, M. R. (2015): Quantifying the relative roles of selective and neutral processes in defining eukaryotic microbial communities. *ISME Journal*, 9: 2003–2011. <https://doi.org/10.1038/ismej.2015.18>
- Munkvold, G. P. (1992): *Epidemiology and control of Eutypa dieback of grapevines*. (Doctoral dissertation, University of California, Davis).
- Oksanen, J., Blanchet, F. G. K., Legendre, P. et al. (2007): Vegan: Community ecology package. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104: 19891–19896.
- Pancher, M., Ceol, M., Corneo, P. E., Longa, C. M. O., Yousaf, S., Pertot, I. and Campisano, A. (2012): Fungal endophytic communities in grapevines (*Vitis vinifera* L.) respond to crop management. *Applied and Environmental Microbiology*, 78: 4308–4317.
- Pölme, S., Abarenkov, K., Nilsson, R. H. et al. (2020): FungalTraits: A user-friendly traits database of fungi and fungus-like stramenopiles. *Fungal Diversity*, 105: 1–16. <https://doi.org/10.1007/s13225-020-00466-2>
- Ramos, D. E., Moller, W. J. and English, H. (1975): Production and dispersal of ascospores of *Eutypa armeniacae* in California. *Phytopathology*, 65: 1364–1371.
- Simmons, E. G. (2007): *Alternaria: An identification manual*. CBS Fungal Biodiversity Centre.
- Singh, S. G., Mehta, N. and Meena, P. D. (2016): *Alternaria diseases of crucifers: Biology, ecology and disease management*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0287-0>
- Talley, S. M., Coley, P. D. and Kursar, T. A. (2002): The effects of weather on fungal abundance and richness among 25 communities in the Intermountain West. *BMC Ecology*, 2: 1–11. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-2-7>
- Tanunchai, B., Ji, L., Schroeter, S. A., Wahdan, S. F. M., Larpkern, P., Lehnert, A. S. et al. (2022): A poisoned apple: First insights into community assembly and networks of the fungal pathobiome of healthy-looking senescing leaves of temperate trees in mixed forest ecosystem. *Frontiers in Plant Science*, 13: 968218. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.968218>
- VanWallendael, A., Benucci, G. M. N., da Costa, P. B., Fraser, L., Sreedasyam, A., Fritsch, F. et al. (2022): Host genotype controls ecological change in the leaf fungal microbiome. *PLoS Biology*, 20(8): e3001681. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001681>
- Wagner, M. R., Lundberg, D. S., Del Rio, T. G., Tringe, S. G., Dangl, J. L. and Mitchell-Olds, T. (2016): Host genotype and age shape the leaf and root microbiomes of a wild perennial plant. *Nature Communications*, 7: 12151. <https://doi.org/10.1038/ncomms12151>
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S. J. W. T. and Taylor, J. (1990): Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In Innis, M. A., Gelfand, D. H., Sninsky, J. J. and White, T. J. (Eds.), *PCR protocols: A guide to methods and applications* (pp. 315–322). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1>
- Zarraonaindia, I., Owens, S. M., Weisenhorn, P., West, K., Hampton-Marcell, J., Lax, S. et al. (2015): The soil microbiome influences grapevine-associated microbiota. *mBio*, 6: e02527–e02514. <https://doi.org/10.1128/mBio.02527-14>

PHYTOPATHOGENIC CONNECTIONS AMONG GRAPEVINE AND SURROUNDING WOODY PLANTS

L. A. Lepres^{1,2,3}, A. Molnár^{1,3}, A. Geiger^{1,3}, K. Z. Váczy¹ and J. Geml^{1,3}¹Food and Wine Research Centre, Eszterházy Károly Catholic University, Eger, H-3300, Hungary²Doctoral School of Environmental Sciences, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Gödöllő, H-2100, Hungary³HUN-REN-EKKE Lendület Environmental Microbiome Research Group, Eszterházy Károly Catholic University, Eger, H-3300, Hungary

Viticulture is one of the leading agricultural sectors in Hungary. Vineyards are often embedded in a landscape of fruit orchards and semi-natural vegetation of shrublands, often dominated by Rosaceae shrubs, such as dogrose (*Rosa canina*) and blackthorn (*Prunus spinosa*). The possible impact of the surrounding vegetation on grapevine (*Vitis vinifera*) health is scarcely known, despite the fact that grapevine and rosid pome and stone fruit trees share many fungal pathogens. We compared plant pathogenic fungal communities in wood and leaf samples of grapevine, apricot (*Prunus armeniaca*), pear (*Pyrus communis*), dogrose, and blackthorn. The samples were collected in 2021, in March, June and September in the wine region of Eger. ITS2 rDNA metabarcoding data were generated using Illumina MiSeq and were analyzed with dada2 in R. Taxonomic identification of quality-filtered sequences was done in usearch using the UNITE reference database. Fungal sequences identified to genus were assigned to functional groups based on the FungalTraits database. For this presentation, we compared genotypic richness and composition of plant pathogenic fungi among host plants, isolation sources (leaves vs. woody tissue), sampling sites and time points. The results showed that for leaves, sampling time had the greatest effect on the variation in phytopathogenic fungal composition, explaining 26% of the variance. In woody parts, the composition of phytopathogenic fungal communities was mainly driven by host identity, which explained 13.6% of the compositional variance. We found that the pathogens responsible for grapevine trunk diseases were present in all the plants studied, with a substantial proportion of pathogenic fungi shared among host plants. The highest overlap was between pear and grapevine (23.5%), followed by grapevine and dogrose (16.5%), indicating that several pathogenic fungi can infect both grapevine and rosid fruit trees and shrubs and that the surrounding vegetation could serve as a potential source of inoculum. These findings highlight the complex interactions between phytopathogenic fungal communities, host plants, and environmental factors, underscoring the need for landscape-level approaches to better understand the microbial connections among crop plants and their surroundings.

Keywords: grapevine, Rosaceae, fruit trees, grapevine trunk diseases (GTDs)*Érkezett: 2025. április 30.*

FUZARIOLÓGIA: A *FUSARIUM* NEMZETSÉG BIOLÓGIÁJA (9.)

Szőke Csaba¹, Szécsi Árpád^{*} és Magyar Donát²

¹HUN-REN ATK Mezőgazdasági Intézet, 2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.

²Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ, 1097 Budapest, Albert Flórián út 2–6.

^{*}Levelező szerző: E-postacím: aszecsai943@gmail.com

X. Entomopatogén fuzáriumok

A rovarok osztálya az állatvilág változatos csoportját alkotják, több mint egymillió dokumentált fajjal, jelentős részük mezőgazdasági kártevő. A növényekkel táplálkozó rovarok a világ mezőgazdasági termésében okozott károk 18%-át teszik ki (Jankielsohn 2018).

Azokat a mikroorganizmusokat (vírusok, baktériumok, gombák), amelyek parazitálják, elpusztítják a rovarokat **entomopatogéneknek** nevezzük (Sharma és mtsai 2023, Kidanu és Hagos 2020). Az entomopatogén gombák különösen jelentősek, mert parazitálják a rovarokat, szabályozva a rovarok előfordulását, amelyek gyakran súlyos járványok okozói (Deka és mtsai 2021). Az entomopatogén gombák lehetnek talajlakók, amelyek megfertőzik a rovarokat, behatolnak a testükbe, megölik őket és táplálékként szolgálnak számukra (Dara 2017). A különböző ökoszisztémákban előforduló gombafajok sokfélesége természetes védelmet nyújt a rovarkártevők ellen, segít fenntartani azt az egyensúlyt, amely megakadályozhatja súlyos járványok kialakulását.

Napjainkban közel 750 entomopatogén gombafajt tartanak nyilván, amelyek többsége a Zygomycota és Ascomycota törzsek tagjai. A Zygomycota törzsbe tartozó Entomophthorales rend tartalmazza a legtöbb entomopatogén gombafajt (Roy és mtsai 2006, Khachatourians és Sohail 2008). Gyűlnek az adatok, amelyek jelzik, hogy egyre több entomopatogén gombafajt azonosítanak a Deuteromycetes osztály nemzetségeiben, így az Aspergillus és a Fusarium nemzetség egyes fajait, amelyek eddig, mint szaprotrófok, vagy növénykórokozók ismertek, képesek megfertőzni és elpusztítani rovarokat (Patel 2019, Santos és mtsai 2020).

Jelenleg a legjelentősebb entomopatogének a Beauveria, a Metarhizium, az Isaria és az Entomophthora gombanemzetség fajai (Sharma és mtsai 2023). Sok éves tanulmány és közel 800 entomopatogén gombafaj vizsgálati eredményeként a Beauveria bassiana, a Metarhizium anisopliae és az Isaria fumosoroseus gombafajok alkotják a kereskedelmi forgalomba kerülő biopesticidiek összetevőit (Maina és mtsai 2018, Kumar és mtsai 2025).

Az entomopatogén gombák szerepét a rovarpopulációk szabályozására már az ókori kínaiak is felismerték (Roberts és Humber 1981), a természetes úton kialakult járványok gyakorisága és a patogén gomba okozta pusztulások összefüggései alapján (Steinhaus 1964, McCoy és mtsai 1988). Agostino Bassi (1773-1856) megállapította, hogy a selyemhernyó ún. „muscardin” betegségét, a Beauveria bassiana okozza. Későbbi vizsgálatok megállapították, hogy ez a gomba egyéb rovarokat is megfertőz és elpusztít. Metchnikoff (1845–1916) a búzakakasvirág rovarkártevőit tanulmányozta és a fertőző gombát Entomophthora (=Metarhizium anisopliae) néven azonosította. Krassiltschik (1888) tömegével tenyésztette a M. anisopliae-t és a répabarkó irtására használta.

A kémiai rovarölő szerek megjelenése és gyakorlati alkalmazása az 1940-es években visszavetette az entomopatogén gombák tanulmányozását és alkalmazását a mezőgazdasági gyakorlatban (Waage 1998).

Az entomopatogén gombák fertőzése folyamán a patogén gomba konídiumai rátapadnak a rovar külső kutikulájára, azon kicsíráznak, fertőző hifát (appressórium) képeznek, amely jelentős nyomást gyakorol a rovar kutikulájára (Clarkson és Charnley 1996), sejtfalbontó enzimek (kitináz, lipáz, proteáz) képződnek, amelyek lebontják a rovar kutikuláját elősegítve a gomba hifájának behatolását

a rovar testüregébe (Ferreira és mtsai 2023). A behatoló hifák beszövik a test belső szerveit, majd a gomba felszívja a rovar testnedveit, miközben mérgező toxinok (beauvericin) képződnek, elősegítve a rovar gyorsabb pusztulását (Goettel és mtsai 2010). Az összes elérhető tápanyag felvétele után a gomba fonalak kijutnak a természetes nyílásokon (száj- és végbélnyílás) keresztül a külső környezetbe, ahol újabb spórákat termelnek, amelyek átterjednek további rovarokra (Sinha és mtsai 2016).

A legismertebb entomopatogén gombák olyan képességekkel (kimagasló patogenitás; tömegtenyésztésre alkalmaság; gazdaspecifikusság; rövid tenyészidő; szaprotróf életmód, amely lehetővé teszi a gomba fennmaradását), rendelkeznek, amely elősegíti alkalmazásukat a rovarkárok leküzdésére a mezőgazdasági gyakorlatban (Litwin és mtsai 2020).

Az entomopatogén gombák izolálására, elsősorban talajmintákból, a legalkalmasabb módszer a viaszmoly (*Galleria mellonella*) imágója, mint csaletek. A módszer előnye más eljárásokkal (szelektív táptalajok) szemben, hogy szelektíven működik csak az entomopatogén gombákat „fogja meg” (Zimmermann 1986, Vega és mtsai 2012, Correa és mtsai 2022).

A kémiai rovarölő hatóanyagok folyamatos használata olyan káros következményekkel jártak, mint amilyen a szerrel szembeni rezisztencia, a rovar túlélése, szermaradvány a táplálékláncban, egészségkárosítás, környezetszennyezés. A kutatás iránya a környezetkímélő (biológiai védekezés) eljárások felé fordult. Az entomopatogén gombák széles gazdakörüknek köszönhetően a legsokoldalúbb, hatékony eljárások alapjait képezik. Az entomopatogének hatékonysága a rovar érzékenységtől, az élősködő gomba virulenciájától és a gazdaspecifitás milyenségétől függ. Más biológiai eredetű szerekkel ellentétben a patogén gombakészítménynek nem kell a tápcsatornába jutni, az közvetlenül a rovar kutikuláján keresztül fejti ki hatását (Khan és mtsai 2012, Gul és mtsai 2014).

Az entomopatogén gombák az Integrált Növényvédelmi Program (Integrated Pest Management-IPM) kiemelten fontos résztvevői (Inglis és mtsai 2000), amelyben a mikoinsekticidok alkalmazása fontos szerepet játszik (Ignoffo és Anderson 1979, Leite és mtsai 2005).

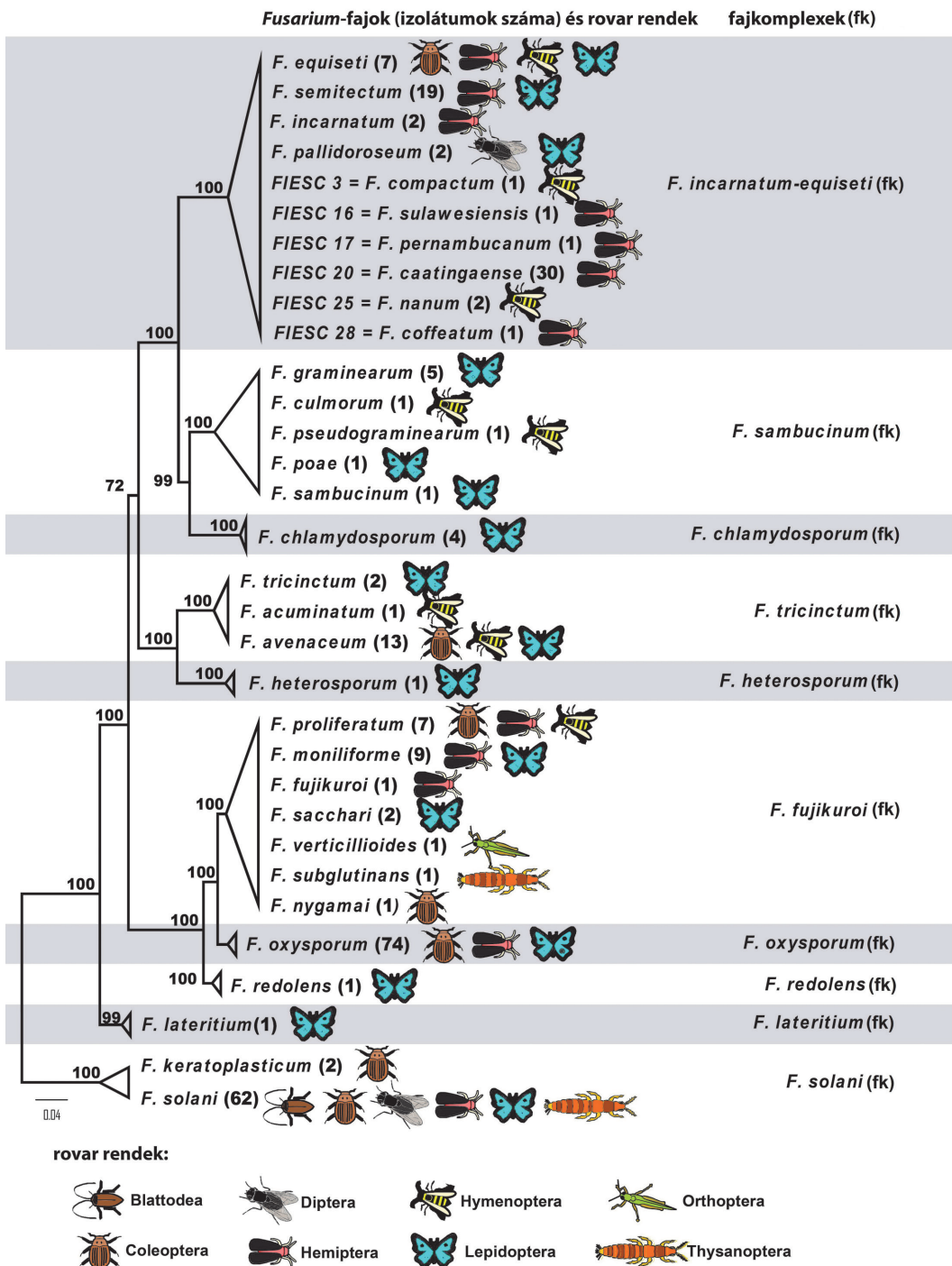
Kulcsszavak: rovarkártevők, entomopatogén gombák, *Beauveria*, *Metarhizium*, *Fusarium*, entomopatogén fuzárium, mikoinsekticid, biológiai védekezés

Entomopatogén fuzáriumok

A *Fusarium* nemzetség patogén fajai számos növény-, állat- és humánbetegség okozói, súlyos gazdasági és közegészségügyi kár előidézője (Szőke és Szécsi 2023, Szécsi és Szőke 2024 a, b). A fuzáriumok, amelyek világszerte, a természetben mindenütt előfordulnak, megtalálhatóak talajokban, levegőben, vizekben, szerves anyagokon; patogén, vagy apatogén résztvevőként növény- és állattársulásokban, emberi szervezetben (Summerell és mtsai 2010, Summerell 2019). A fuzárium fajok elsősorban növénykórtani- és ezáltal mikotoxinszennyezettségbeli problémákat okoznak. Azonban a több, mint 200 éve tartó tanulmányozásuk során ismertté vált entomopatogén tulajdonságuk is. A legtöbb károsító szervezeteken előforduló fuzárium faj rovarokon fordul elő (Teotor-Barsch és Roberts 1983, Sharma és Marques 2018, Santos és mtsai 2020).

Napjainkban 23 fuzárium fajcsoport ismert (O'Donnell és mtsai 2022), amelyek közül a *F. incarnatum-equiseti*, a *F. fujikuroi*, a *F. oxysporum* és a *F. solani* fajcsoport tartalmazza az entomopatogén fuzáriumfajok zömét (1. ábra). A legtöbb fuzáriumfajt a Hemiptera (félfedeles szárnyúak), a Coleoptera (bogarak) és a Hymenoptera (hártýásszárnyúak) rendekbe tartozó rovarokról izolálták és azonosították (Sharma és Marques 2018, Santos és mtsai 2020).

Az elmúlt évszázad folyamán rendszeresen jelentek meg rovarokon tapasztalható fuzárium fajokkal kapcsolatos közlemények. Wollenweber és Reinking (1935) munkájában 15 rovarfajról származó fuzárium fajról tesz említést. Gordon (1959) fuzárium izolátumgyűjteményének (kb. 9000 izolátum) 1%-át képviselték a rovarokról izolált fuzáriumok, amelyek 14 rovarfajról származtak és 12 fuzárium fajt képviseltek. Számos közlemény



1. ábra. Különböző rovarrendek egyedeiről izolált patogén *Fusarium* fajok és fajkomplexek (fk) előfordulása az RPB1 és RPB2 szekvenciaadatokból, legnagyobb valószínűség módszerrel (maximum likelihood method) készített fa diagrammban ábrázolva. A rovarok szimbólumai azokat a rovarrendeket jelzik, melyeknél az adott gombafajok izolátumai betegséget okoztak (Santos és mtsai 2020).

foglalkozott entomopatogén fuzáriumokkal az 1950-tól 1980-ig terjedő három évtized folyamán (Teetor-Barsch és Roberts 1983). Claydon és Grove (1984) közlése szerint Booth (1971) monográfiájában szereplő 51 fuzáriumfaj közül kilenc (*F. coccophilum*, *F. equiseti*, *F. hetrosporum*, *F. larvarum*, *F. lateritium*, *F. oxysporum*, *F. semitectum*, *F. solani*, *F. verticillioides*) faj bizonyult entomopatogénnek. Ezek a fuzáriumfajok elsősorban levéltetveket, pajzstetveket, atkákat, kétszárnyúakat, lepkék imágóit parazitálták (Teetor-Barsch és Roberts 1983).

Közlések szerint a *F. oxysporum* és a *F. solani* a leggyakrabban előforduló entomopatogén fuzárium (Barson 1976, Claydon és mtsai 1977, Sharma és Marques 2018). A *F. concentricum* lepkék (Lepidoptera) hernyóját és bábját pusztítja (Qiu és mtsai 2023), míg a *F. pallidoroseum* az uborka-levéltetű (*Aphis gossypii*) populációját gyéríti (Srivastava és Shukla 2021). A *F. verticillioides* – amely elsősorban mikotoxintermelő, növénykorokozó gomba – óriás karéjos sáska (*Tropidacris collaris*) származó izolátumai között entomopatogének is voltak (Pelizza és mtsai 2011, Parajapati és mtsai 2023).

Hazai vizsgálatok során a *F. larvarum*ot izolálták és azonosították pajzstetű teteméről (Hornok és Kozár 1984). Számos fuzáriumfajt (*F. acuminatum*, *F. equiseti*, *F. semitectum*, *F. solani*, *F. sporotrichioides*, *F. verticillioides*) azonosítottak különböző kullancsfajok (Ixodida) fehér gombamicéliummal borított elhalt testéről (Szécsi és mtsai 2000). A Szerzők nem végeztek patogenitás vizsgálatot, de irodalmi adatok alapján feltételezhető, hogy a fent említett fuzáriumfajok populációiban előfordulnak entomopatogén törzsek is (Santos és mtsai 2020).

Entomopatogén fuzáriumok olyan toxinokat (beauvericin) termelnek, amelyek erősen rovarölő hatásúak és elősegítik a rovar gyorsabb pusztulását (Goettel és mtsai 2010, Wang és Xu 2012).

Az entomopatogén fuzáriumok akkor alkalmazhatók a gyakorlatban a rovarkártevők irtására, ha kiemelkedő gazdaspecifitással rendelkeznek, könnyen tenyésztethetők, nem növénypatogének és gazdarovar hiányában is megélnék, elsősorban talajokban. Közlések sze-

rint a jelentős rovarpusztulást okozó fuzárium törzsek rovarspecifikusak voltak, nem fertőzték meg az adott kultúrnövényt (Kuruvilla és Jacob 1980, O'Donnell és mtsai 2012, Sindhura és mtsai, 2020, O'Donnell és mtsai 2022).

Köszönetnyilvánítás

A TKP2021-NKTA-06 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

- Barson, G. (1976): *Fusarium solani*, a weak pathogen of the larval stages of the large elm bark beetle *Scolytus scolytus* (Coleoptera: Scolytidae). Journal of Invertebrate Pathology, 27: 307–309.
- Booth, C. (1971): The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England, p. 237.
- Clarkson, J. M. and Charnley, A. K. (1996): New insights into the mechanisms of fungal pathogenesis in insects. Trends in Microbiology, 4: 197–203.
- Claydon, N., Grove, J. F. and Pople, M. (1977): Insecticidal secondary metabolic products from the entomogenous fungus *Fusarium solani*. Journal of Invertebrate Pathology, 30: 216–223.
- Claydon, N. and Grove, F. (1984): *Fusarium* as an insect pathogens. In: Moss, M. O. and Smith, E. (eds.), The Applied Mycology of *Fusarium*. University Press, Cambridge, p. 115–123.
- Correa, T. A., Santos, F. S., Camargo, M. G., Quinelato, S., Bittencourt, V. R. E. P. and Golo, P. S. (2022): Comparison of methods for isolating entomopathogenic fungi from soil samples. Journal of Visualized Experiments, (179), e63353. doi:10.3791/63353
- Dara, S. K. (2017): Entomopathogenic microorganisms: modes of action and role in IPM. UCANRe-Journal of Entomology and Biology, 1–7.
- Deka, B., Barnah, C. and Babu, A. (2021): Entomopathogenic microorganisms: their role in insect pest management. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 31: 121.
- Ferreira, J. M. and Soares, F. E. de F. (2023): Entomopathogenic fungi hydrolytic enzymes: A new approach to biocontrol? Journal of Natural Pesticide Research, 3: 100020.
- Goettel, M. S., Ellenberg, J. and Glare, T. (2010): Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations. In: Gilbert, E. I. and Gill, S. S. (eds.), Insect Control: Biological and Synthetic Agents. Academic Press, Cambridge, p. 387–432.
- Gordon, W. L. (1959): The occurrence of *Fusarium* species in Canada. VI. Taxonomy and geographic distribution

- of *Fusarium* species on plants, insects, and fungi. Canadian Journal of Botany, 37: 257–290.
- Gul, H. T., Saeed, S. and Khan, F. A.** (2014): Entomopathogenic fungi as effective insect pest management tactic: A review. Applied Sciences and Business Economics, 1: 10–18.
- Hornok, L. and Kozár, F.** (1984): Fungi associated with a scale-insect, *Quadraspidiotus ostreaeformis* (Curtis, 1843) (Homoptera, Coccoidea: Diaspididae). Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 19: 9–11.
- Ignoffo, C. M. and Anderson, R. F.** (1979): Bioinsecticides, second. In: **Peppler, J. and Perlman, D.** (eds.), Microbial Trchnology, 1. Academic Press, New York, NY, p.1–28.
- Inglis, G. D., Ivie, T. J., Duke, G. M. and Goettel, M. S.** (2000): Influence of rain and conidial formation of persistence of *B. bassiana* on potato leaves and Colorado potato beetle larvae. Biological Control, 18: 55–64.
- Jankielsohn, A.** (2018): The importance of insects in agricultural ecosystems. Advances in Entomology, 6: 62–73.
- Khan, S., Guo, L., Maimaiti, Y., Mijit, M. and Qiu, D.** (2012): Entomopathogenic fungi as microbial biocontrol agent. Molecular Plant Breeding, 3: 63–79.
- Khachatourians, G. G. and Sohail, S. Q.** (2008): Entomopathogenic Fungi, In: **Brakhage, A. A. and Zipfel, P. F.** (eds.), Biochemistry and molecular biology, human and animal relationships, 2 ed. The Mycota VI, Springer Verlag, Berlin.
- Kidanu, S. and Hagos, L.** (2020): Entomopathogenic fungi as a biological pest management option: A review. International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences, 6: 1–10.
- Krassiltschik, J.** (1888): La production industrielle des parasites végétaux pour la destruction des insectes invisibles. Bulletin Biologique de la France et de la Belgique, 19: 461–472.
- Kumar, P., Rani, T., Yadav, A., Dagar, A. and Mahala, S. K.** (2025): Entomopathogenic fungi as biological pest control agents. Vigyan Varta, 6: 141–145.
- Kuruvilla, S. and Jacob, A.** (1980): Studies on *Fusarium oxysporum* Schlecht. infecting rice brown plant hopper, *Nilaparvata lugens* Stahl. Agric. Res. J. Kerala, 18: 51–54.
- Leite, L. G., Aves, S. B., Filho, A. B. and Roberts, D. W.** (2005): Simple, inexpensive media for mass production of three entomophthoralean fungi. Mycological Research, 109: 326–334.
- Litwin, A., Nowak, M. and Rózalska, S.** (2020): Entomopathogenic fungi: Unconventional applications. In: Reviews in Environmental Science and Biotechnology, 19(1): 23–42.
- Maina, U. M., Galadima, I. B., Gambo, F. M. and Zakaria, D.** (2018): A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops. Journal of Entomology and Zoology Studies, 6: 27–32.
- McCoy, C. W., Samson, R. A. and Boucias, D. G.** (1988): Entomogenous fungi. In: **Ignoffo, C. M. and Mandava, N. B.** (eds.), Handbook of Natural Pesticides: Vol. 5. Microbial Pesticides, Part A, Entomogenous Protozoa and Fungi. p. 151–236. CRC Press, Boca Raton, FL.
- O'Donnell, K., Humber, R. A., Geiser, D. H., Kang, S., Park, B., Robert, V. A. R. G., Crous, P. W., Johnston, P. R., Aoki, T., Rooney, A. P. and Rehner, S. A.** (2012): Phylogenetic diversity of insecticolous fusaria inferred from multilocus DNA sequence data and their molecular identification via FUSARIUM-ID and fusarium MLST. Mycologia, 104: 427–445.
- O'Donnell, K., Whitaker, B. K., Laraba, I., Proctor, R. H., Brown, D. W., Boders, K., Kim, H. S., McCormick, S. P., Busman, M., Aoki, T., Tores-Cruz, T. J. and Geiser, D. M.** (2022): DNA-sequence-base identification of *Fusarium*: A work in progress. Plant Diseases, 106: 1597–1609.
- Parajapati, D. R., Patel, N. B. and Gohel, N. M.** (2023): A review on entomopathogenic facet of *Fusarium verticillioides*. Environment and Ecology, 41: 2365–2374.
- Patel, R. K.** (2019): Mass production technology of entomopathogenic fungi *Fusarium verticillioides* (Saccardo) Nirenberg. PhD Thesis, Navsari Agricultural University, Navsari, India.
- Pelizza, S. A., Stenglein, S. A., Cabello, M. N., Dinolfo, M. I. and Lange, C. E.** (2011): First record of *Fusarium verticillioides* as an entomopathogenic fungi of grasshoppers. Journal of Insect Science, 11: 70.
- Qiu, H.-L., Fox, E. G. P., Qin, C.-S., Yang, H. and Tan, L.-Y.** (2023): First record of *Fusarium concentricum* (Hypocreales: Hypocreaceae) isolated from the moth (*Polychrosis cunninhamiacola* (Lepidoptera: Tortricidae) as an entomopathogenic fungus. Journal of Insect Science, 23: 1–8.
- Roberts, D. W. and Humber, R. A.** (1981): Entomogenous fungi. In: **Cole, G. T. and Kendrick, B.** (eds.), Biology of Conidial Fungi. p. 201–236.
- Roy, H. E., Steinkraus, D. C., Eilenberg, J., Hajek, A. E. and Pell, J. K.** (2006): Bizarre interactions and endgames: entomopathogenic fungi and their arthropod hosts. Annual Review of Entomology, 51: 331–357.
- Santos, A. C. S., Diniz, A. G., Tiago, P. V. and Oliveria, N. T.** (2020): Entomopathogen *Fusarium* species: a review of their potential for the biological control of insects, implicacions and prospects. Fungal Biology Reviews, 34: 41–57.
- Sharma, L. and Marques, G.** (2018): *Fusarium*, an entomopathogen – a myth or reality? Pathogens, 7: 93.
- Sharma, A., Sharma, S. and Yadov, P. K.** (2023): Entomopathogenic fungi and their relevance in sustainable agriculture: A review. Cogent Food and Agriculture, 9: 2180857.
- Sindhura, K. A., Sawant, S. B. and Mohapatra, A. R.** (2020): *Fusarium* – a potential entomopathogen. Agriculture and Food: E-Newsletter, 2: 369–371.
- Sinha, K. K., Choudhary, A. K. and Kumari, P.** (2016): Ecofriendly Pest Management for Food Security Entomopathogenic Fungi. Academic Press.
- Srivastava, R. and Shukla, A. C.** (2021): *Fusarium pallidoroseum*: A potential entomopathogenic

- agent for the biological management of *Aphis gossypii*. Journal of Applied and Natural Science, 13: 775–785.
- Steinhaus, E. A.** (1964): Microbial Diseases of Insects. In: **DeBach, P.** (ed.). Biological Control of Insect Pests and Weeds. p. 515–547. Chapman and Hall, London.
- Summerell, B. A., Laurence, M. H., Liew, E. C. Y. and Leslie, J. F.** (2010): Biogeography and phylogeography of *Fusarium*: a review. Fungal Diversity, 44: 3–13.
- Summerell, B. A.** (2019): Resolving *Fusarium*: current status of the genus. Annual Review of Phytopathology, 57: 323–339.
- Szécsi Á., Bratek Z., Ládai M. és Bózsik B.** (2000): Hazai kullancsokon élő *Fusarium* fajok. Növényvédelem, 36: 591–594.
- Szécsi Á. és Szőke Cs.** (2024 a): Fuzariológia: A *Fusarium* nemzetség biológiája (5.), VI. Fuzáriumfajok termelte toxinok-fuzariotoxinok. Növényvédelem, 85: 109–120.
- Szécsi Á. és Szőke Cs.** (2024 b): Fuzariológia: A *Fusarium* nemzetség biológiája (7.), VIII. Humánpatogén fuzáriumok. Növényvédelem, 85: 389–394.
- Szőke Cs. és Szécsi Á.** (2023): Fuzariológia: A *Fusarium* nemzetség biológiája (4.), V. Fuzariózisok-fuzáriumfajok károsításai. Növényvédelem, 84: 532–540.
- Teetor-Barsch, G. H. and Roberts, D. W.** (1983): Entomogenous *Fusarium* species. Mycopathologia, 84: 3–16.
- Vega, F. E., Meyling, N., Luangsa-Ard, J. and Blackwell, M.** (2012): Fungal entomopathogens. Insect Pathology, 2: 171–202.
- Waage, J.** (1998): The future development of IPM. Entomologia Sinica, 5: 257–271.
- Wang, Q. and Xu, L.** (2012): Beauvericin, a bioactive compound produced by fungi: a short review. Molecules, 17: 2367–2377.
- Wollenweber, H. W. and Reinking, O. A.** (1935): Die Fusarien, ihre Beschreibung, Schadwirkung und Bekämpfung. Verlag Paul Parey, Berlin, p. 1–335.
- Zimmermann, G.** (1986): The *Galleria* bait method for detection of entomopathogenic fungi in soil. Journal of Applied Entomology, 102: 213–215.

FUSARIOLOGY: BIOLOGY OF THE *FUSARIUM* GENUS (9)

Cs. Szőke¹, Á. Szécsi* and D. Magyar²

¹HUN-REN CAR, Agricultural Institute, H-2462 Martonvásár, Brunszvik Street 2. Hungary

²National Center for Public Health and Pharmacy, H-1097 Budapest, Albert Flórián út 2–6. Hungary

*Corresponding author: E-mail: aszecs943@gmail.com

Entomopathogenic fusaria

Insects constitute a diverse group of animals with over a million documented species. Herbivorous insect account for 18% of the damage to the world's agricultural production.

Entomopathogenic fungi are microorganisms that infect and kill insects, serving as natural bio-control agents in pest control. Most entomopathogenic fungi belong to several genera, including *Beauveria*, *Metarhizium*, *Isaria* and *Entomophthora*. Fungi like *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* are well studied for their pathogenicity to various insects and have been widely used as biological control agents for agricultural pests.

The genus *Fusarium* is noted for including plant pathogens and mycotoxin producers but includes several strong entomopathogenic agents with promising characteristics for the control of insects. Among animals, insects are most abundantly associated with *Fusarium* species. The ability of *Fusarium* isolates to produce enzymes and toxins that can assist in the penetration and death of insects.

Most of the insect pathogens are located within four species complex: *F. incarnatum-equiseti*, *F. fujikuroi*, *F. oxysporum* and *F. solani*. Detailed investigation in this regard will be crucial if we are to fully exploit the potential of *Fusarium* for controlling insect pests.

Insect pathogenic fusaria are good candidates to control insect pests if they have outstanding host specificity, are easy to cultivate, are not plant pathogens, and can survive in the absence of host insects, primarily in soils.

Keywords: insect pests, entomopathogenic fungi, *Beauveria*, *Metarhizium*, *Fusarium* spp.

Érkezett: 2025. május 20.

RÖVID KÖZLEMÉNY

GONDOLATOK A GAMMA BAGOLYLEPKE (*AUTOGRAPHA GAMMA*) 2025. ÉVI MAGYARORSZÁGI FELLÉPÉSÉRŐL

Szeőke Kálmán

növényvédelmi szakmérnök, Székesfehérvár

Ez a sokak által ismert mezőgazdasági kártevő 2025 júniusában szokatlanul nagy példányszámban jelentkezett Magyarországon, széltében-hosszában. Nyilván a környező országokban is hallatott magáról, hiszen vándor természetű, sok szerző megfogalmazása szerint igazi, trópusi vándor. Ez azt jelenti, hogy előfordulása (északi irányú vándorlása) leginkább a trópusi területekről indul. Vándor útvonala a Kárpát-medencét is érinti, így nem csoda, hogy a téli hónapokat kivéve, Magyarországon is állandó előfordulású lepkefaj.

Más évektől eltérően 2025-ben különösen korán jelent meg. Megfigyelésem szerint Csákváron április 21-én jelentkezett az első példány, majd április–május fordulóján további példányok fordultak elő. Ránézésre a lepkék frisske-lésűek *voltak* (1. ábra), ezért hamar megszületett az a (nem kellően alátámasztott) vélemény, hogy nálunk a természetben áttelelt egyedek utódjairól van szó.

A ma már nem vitatott globális felmelegedés eredményeként, ez a következtetés akár helyes is lehet. Az enyhe tél végén, kora tavasszal, különböző, számára megfelelő táplálékot nyújtó állományokban a hideg napokat túlélő fejlődési alakok lehettek. Tételezzük fel (mert ilyen megfigyelés nincs), hogy különböző vadon tenyésző kétszikű állományban, mezőgazdasági területen (pl. repcében) fejlődhetnek a lepke hernyói. Persze további kérdés, hogy ez miként lehetséges? A szülő egyedek mikor petézhetnek? A peték és az ebből fejlődő hernyók miért nem pusztultak el, a manapság is

ingadozó hőmérsékletű, esetenként fagypont alatti téli időjárásban. Sokakhoz hasonlóan nekem is sok megfigyelésem van arról, hogy az őszi, hirtelen lehülő (fagyos) éjszakák után elpusztult, megfeketedett gamma bagolylepke hernyók és bábok találhatók. Az igaz, hogy a múlt század hatvanas, hetvenes éveiben október végén, november elején már „kopogó hidegek” voltak. A meleghez szokott vándor lepkénk fejlődési alakjai ezt nem élhették túl.



1. ábra. A gamma bagolylepke. Fotó: Szeőke Kálmán

Az ilyen elemzések alkalmával arról szoktunk elfeledkezni, hogy egy ilyen lepkepopuláció „kiterjedése” olyan területet érinthet, ami határainkon nagyrészt túl esik. Amennyiben a lepkék fejlődési alakjai tőlünk délre eső (tenger közeli) területeken fejlődtek a tél végén, ott minden további nélkül megtehették azt, fagyok kevésbé veszélyeztették a fejlődésüket. Az így kifejlődött, vándorláshoz szokott faj egyedei északi irányba tovább terjedhettek. Természetesen ez is következtetés. Egzakt megfigyelések nem állnak a rendelkezésünkre. A nálunk április–május fordulóján észlelt, vélhetően délről érkezett példányoknak nem feltétlen kellett rongyosnak lennie. Ugyanakkor, amikor a nyári nemzedék esetében kopott, rongyos példányokkal találkozunk, azok (eddig tudásunk szerint) délről, feltehetően a Földközi tenger irányából, vagy még messzebből repülhettek északabbra, hozzánk.

Számos megfigyelés igazolja, hogy üvegházakban, fóliasátrakban télen is fejlődnek gamma bagolylepke példányok. Ezek kora tavasszal kiszabadulva a természetbe akadálytalanul szaporodhatnak tovább.

TECHNOLÓGIA

GONDOLATOK A BEPORZÓK VÉDELMÉRŐL

Báskay Imre

mezőgazdasági környezetvédelmi szakmérnök

E-mail: baskayi@yahoo.com

Ahogy a múlt század utolsó harmadában a halpusztulásokat hozták összefüggésbe a növényvédő szerek nemkívánatos hatásával, úgy az elmúlt 1–2 évtizedben a méhelhullások, mászkáló méhek, kaptár-elhagyások, egyéb rendellenességek kerültek a figyelem központjába, hasonló okból. Ez utóbbi jobban is érthető, hiszen az élővizekbe növényvédő szer célzottan gyakorlatilag nem kerülhet, míg a méhek okszerűen kezelt virágzó táblákat látogatnak, nektár, virágpór gyűjtése miatt, esetleg guttációs cseppekért vagy éppen a talajon összegyűlt esővíz miatt. De hasonlóan érintettek egyéb beporzó szervezetek is, mint a poszméhek, magányos méhek, lepék, bogarak is.

Mára már a méhekre és a többi beporzóra is erőteljes közfigyelem irányul. Egyre több fórumon foglalkoznak változatos, virágzó növényekből álló méhlegelők –, illetve a magányos méhfajok számára méhho-telek létesítésével, és több kiemelt napjuk is van (1–2. ábra). Néhány éve pedig egy-egy beporzó fajcsoport is kiválasztásra kerül a széles körű megismertetés célzatával:

Méhek Világnapja – május 20.

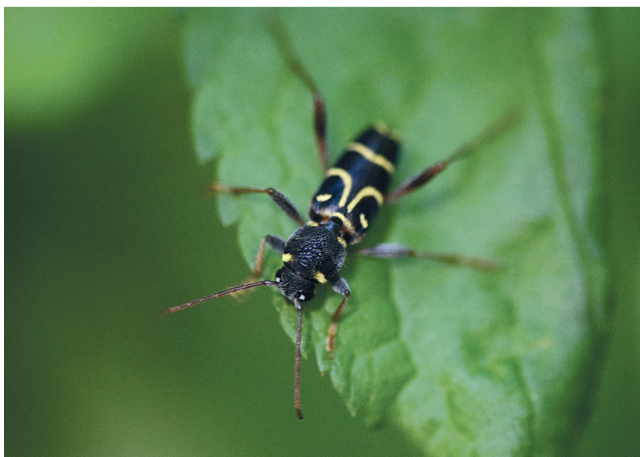
Méhek napja – április 30.

Beporzók napja – március 10.

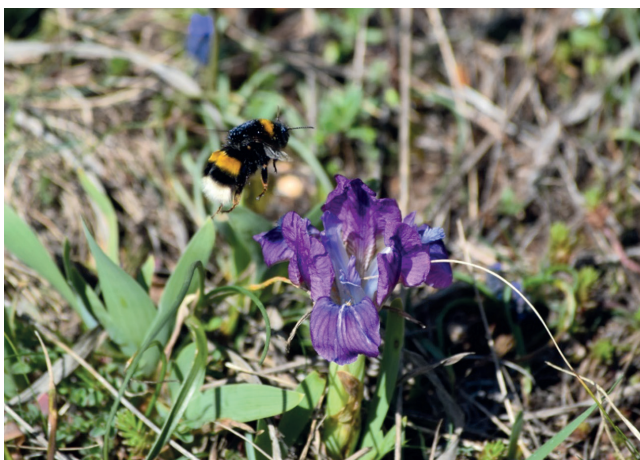
Az év beporzói 2025: darázscincérek

Engedélyezés

A növényvédő szerek engedélyezése során már az uniós csatlakozás előtt is végeztek méhveszélyesség meghatározását célzó vizsgálatokat az 1969–2006 között a növényvédelmi szakigazgatás keretében, Fácánkerten működő Ökotoxikológiai Laboratóriumban, segítve az engedélyező hatóság döntéseinek a megalapozását. Foglalkoztak a bevezetni kívánt növényvédelmi eljárások minősítésével, az engedélyezett szerek folyamatos kontrolljával, így az országban előforduló, a növényvédő szer használatlall összefüggésbe hozható tömeges méhelhullási esetek okainak felderítésével is.



1. ábra. 2025. év beporzói a darázscincérek



2. ábra. Földi poszméh apró nőszirmon

A növényvédő szer hatóanyagok és készítmények engedélyezése ma már összetett, hosszú folyamat eredménye. Alapját az OECD által elfogadott vizsgálati iránymutatások jelentik (Test Guidelines – TG), amelyek 5 szakterületet érintenek. A 200-as sorozatba tartoznak a biológiai rendszereken végzett hatásvizsgálatok. Jelenleg több mint 50 ilyen módszerleírás van érvényben köztük a méhekkel, poszmékekkel kapcsolatosak.

A legalapvetőbb vizsgálatok az etetési, illetve a kontakt mérgezőképesség meghatározására terjednek ki. A házi méhek vonatkozásában már 1998 óta érvényben vannak (*OECD TG 213. Honeybees, Acute Oral Toxicity Test*; *OECD TG 214. Honeybees, Acute Contact Toxicity Test*), míg a poszméhekre csak 2017-től (*OECD TG 246. Bumblebee, Acute Contact Toxicity Test*; *OECD TG 247. Bumblebee, Acute Oral Toxicity Test*).

E vizsgálatok alapján az etetési vagy kontakt LD50 érték kerül meghatározásra, amely azt a koncentrációt jelenti, amely a kísérleti állomány felének az elhullását okozta, µg/méh mértékegységben kifejezve. Így csak a korábban egyedülként alkalmazott toxicitáson alapuló méhveszélyesség határozható meg és sorolható be az adott kemikália:

méhekre kifejezetten veszélyes

LD50 < 1 µg/méh

méhekre mérsékelt veszélyes

LD50 1 – < 100 µg/méh

méhekre nem jelölésköteles

LD50 > 100 µg/méh

Mivel a toxicitáson alapuló besorolás nem ad árnyalt képet a méhekre gyakorolt hatásról, ezért az alapvető kockázatbecsléshez a felhasználás dózisának (g hatóanyag vagy készítmény/ha) és a toxicitási értékeknek (µg/méh LD50) a hányadosával meg kell határozni az etetési és a kontakt HQ értékeket, amelyek alapján lehet továbblépni a kockázatkezelések meghatározásához.

Amennyiben a HQ₀ vagy c_c veszélyességi hányados egyenlő vagy kisebb, mint 50, akkor elvileg nincs további teendő, az adott anyag nem jelent elfogadhatatlan kockázatot a mézelő méhekre.

Ha a HQ érték 50-nél nagyobb, akkor szükséges további, ún. magasabb rendű – pl. kontakt maradék toxicitás, ketreces, szabadföldi – vizsgálatokat is elvégezni.

Ha ezek a vizsgálatok a méhek aktív gyűjtési időszakában készültek és biztonságos felhasználást jeleznek, akkor az adott kultúrában engedélyezhető a használat. Ha a méhekre nem elfogadható a kockázat, akkor az adott kemikália felhasználási módja és ideje korlátozható, így a nappali permetezés nem engedélyezett. Ha a kontakt maradék toxicitási vizsgálat eredménye megfelelő, akkor virágzó kultúrában, illetve virágzó gyomok közelében, virágzó tábla mellett vagy más okból (pl. mézharmat, víz-hordás miatt) méhek látogatta területen nappal, a méhek aktív gyűjtési időszaka alatt a készítmény nem juttatható ki, csak ún. méhkímélő technológiával. Méhveszélyességi szempontból mérsékelt kockázatos kategóriába kerül.

Viszont, ha a magasabb rendű vizsgálatok eredményei sem bizonyítják a biztonságos felhasználást, akkor a készítmény használatának a kockázata nagy a méhek, és más beporzó rovarok vonatkozásában is. Az ilyen kifejezetten kockázatos anyag virágzó kultúrákban, illetve méhekre egyéb okból vonzó területek közelében nem alkalmazható. Csávázó szerek esetében az elporlás minimalizálására kell törekedni. A korlátozó intézkedéseket speciális mondatok tartalmazzák az engedélyokiratban és a termék csomagolásán.

A rendelkezésre álló adatok alapján szakértő dönthet adott esetben más kultúrára való kiterjesztésről is, de a virágzó facéliával végzett ketreces vizsgálat eredménye, minden hazai növényi kultúrára kiterjeszthető.

Mindez csak vázlata a szerteágazó értékelésnek. Részletes szabályozása az alábbi dokumentumokon alapszik: Guidance Document on Terrestrial Ecotoxicology under Council Directive 91/414/EEC SANCO/10329/2002 (17 October 2002 rev 2 final); Guidance on the risk assessment on the plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. and solitary bees) EFSA 2013.

Azonban fontos, hogy a használat közben tapasztaltak szerint szükség esetén módosítható egy engedélyokirat.

Méhelhullások

A növényvédő szereknek ugyancsak kitett méhek esetében az Országos Magyar Méhészeti Egyesület (OMME) már évek óta végez szerződéses monitoring vizsgálatot a növényvédelmi szakhatósággal és a növényvédőszer-maradék analitikai laborral közösen. Ennek során előzetes ütemterv szerint a méhek szempontjából különösen fontos virágzó kultúrákból (leggyakrabban gyümölcsfélék, fehér akác, repce, napraforgó) a növényvédelmi felügyelők növényi mintákat vesznek, amelyekből meghatározzák az esetleges hatóanyag maradékokat. Ezek az adatok bizonyíthatják a szabályos növényvédelmi tevékenységet, de nem egyszer szabálytalanságra is fény derülhet, pl. nem engedélyezett hatóanyag használatra, méhkímélő technológia megsértésére. Ezekhez a mintavételekhez általában nem kötődik a méhészetek károsodása.

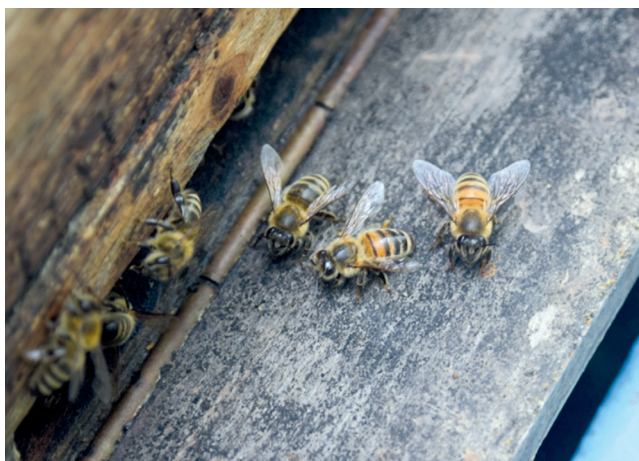
Méhelhullások viszont a szezonban gyakran előfordulhatnak, melyek egy része méhegészségügyi okokra (atka, nozéma, patogén vírusok) vezethető vissza, más része növényvédelmi kezelési problémákra, de gyakran együtt is előfordulnak, amelyet egyéb tényezők pl. időjárási anomáliák is befolyásolhatnak (3–4. ábra). Mindenesetre a napi hírekben is nem egyszer igen figyelemfelkeltő mondatok jelennek meg: pl. „köszönet a permetezőszereknek, amik legyengítették rendesen a családokat és a méhek immunrendszerét”. Az ilyen esetek kivizsgálása mindig is fontos volt, de a 2010-es évektől a NÉBIH-en belül közös méhegészségügyi és növényvédelmi értékelés készült, amelyet egy azóta frissített belső eljárásrend szabályoz. Az illetékes szakemberek a károsodott méhállományból és a röpkörzetben lévő, vélhetőleg érintett növényi kultúrákból mintákat vettek, amit kiegészíthettek itatóvíz,

lép stb. mintákkal is. Ezekből a Parazitológiai, Hal- és Méhbetegségek Laboratóriuma kórtani és gyógyszermaradvány hatóanyag vizsgálatokat, a Növényvédőszer-maradék Analitikai Laboratórium több mint 300 hatóanyagra kiterjedően növényvédő szer maradék vizsgálatokat végzett. Ez a termelő technológiai ellenőrzésével is kiegészülve alapozta meg az összefoglaló ökotoxikológiai értékelést a méhpusztulás, kaptárelhagyás lehetséges kiváltó okáról, okairól.

Az évek során jelentősebb ingadozásokat lehetett megfigyelni a bejelentett méhelhullások számában, de több év adatai alapján az esetek felét meghaladóan nem lehetett a mérgezést bizonyítani, mert pl. a méhminta mentes volt



3. ábra. Mászkáló méhek



4. ábra. Méhek a kaptárak bejáratánál

növényvédő szertől, vagy csak méhekre nem jelölésköteles hatóanyagok voltak kimutathatók. Közel hasonló arányban a mérgezés eredete csak valószínűsíthető volt, vagy az eredete nem volt behatárolható, azaz a növényi minták mentesek voltak, vagy nem tartalmazták azt a hatóanyagot, ami a méhekből kimutatható volt. Csak az esetek 10–20%-a körül lehetett a mérgezés eredetét egyértelműen behatárolni, pl. már betiltott hatóanyagok (így klórpirifosz, egyes neonikotinoidok) használata vagy a méhkímélő technológia megsértése révén, de alkalmasszerűen a szándékosság is felmerült.

A méhkímélő technológia különösen sarkalatos kérdés, mivel itt gyors lebomlású, de nagyon toxikus piretroid hatóanyagok használatáról van szó, amit a méhek aktív gyűjtési időszaka után, gyakorlatilag este 11 óráig lehet kijuttatni, amely reggelre lebomolva nem jelent már kockázatot a méhekre. Azonban, ha a kezelés szabálytalanul elhúzódott, a reggel gyűjteni kezdő méhek mérgeződhetnek a piretroid hatóanyag által, de mire az elhullott méhekből megtörténik a mintavétel, már nem lehet kimutatni, illetve, ha nappal érintkeztek a taglózó hatású készítménnyel, akkor a táblán szétszóródva pusztultak el és csak azt állapíthatja meg a méhész, hogy „eltűntek” a méhei. Nem létező mintából pedig nem mérhető ki hatóanyag és így indirekt bizonyítékok alapján nem állapítható meg ok-okozati összefüggés. Ha piretroid mégis kimutatható volt, akkor viszont különösen jelentős volt a szabálysértés, de ilyenkor inkább szándékosság volt a háttérben.

Nem növényvédelmi kezeléssel összefüggésben is voltak olyan mérgezéses esetek, amikor a növényvédő szerként már betiltott, de kutyák „bolha nyakörvében” még használatos, kifejezetten veszélyes fipronillal volt szennyezett egy méhegészségügyi kezelésekből használt atkaölő készítmény.

A méhelhullási esetek értékelése során gyakran előfordult, hogy 4–5, de akár 10–12, méhekre nem jelölésköteles gombaölő hatóanyag is kimutatható volt egy-egy méhmintából és más nem. Sajnos ilyenkor sem volt igazolható kapcsolat a hatóanyagok jelenléte és a méhpusztulás között.

Laboratóriumi kísérletek

Ezért hosszás előkészítés után – beleértve a szárazföldi vizsgálatokra is kiterjesztett GLP minősítést – a NÉBIH Vízélettani és Ökotoxikológiai Laboratóriuma méhtoxikológiai vizsgálatok beállítását tűzte ki célul, hiszen a bevezető részben vázolt engedélyezési vizsgálatok adott gyártó adott hatóanyagára kerülnek beadásra és értékelésre, nem egy olyan „keverékre”, amit a méhek más-más táblából gyűjtve szednek össze.

Ezért első lépésként a 2018–2022 között a méhekből legtöbbször kimutatott gombaölő hatóanyagok keverékeit vizsgáltuk, biztonsági tényezőként a méhekből kimutatott legmagasabb koncentrációik 100–200–400-szorosán, etetéses kísérletben az OECD TG N° 213 módszert alapul véve.

A kísérleti méheket és azok szakmai felügyeletét az OMME biztosította (5–7. ábra). A kísérleti izolátorok a korábbi fácánkerti Ökotoxikológiai Laboratóriumban használtakhoz hasonlóan, 9 cm átmérőjű műanyag Petri-csészéből kerültek kialakításra 10–10 méh számára.



5. ábra. A kísérletekhez az OMME által biztosított méhkaptár



6. ábra. Kábított méhek a műanyag Petri-csészéből kialakított izolátorban



7 ábra. Mérgezésben elhullott házi méh

A kísérlet indításának reggelén a kaptárból 250–300 db fiatal dolgozó méhet a szélső keretek egyikéből füstülő alkalmazása nélkül kivettünk egy zárható edénybe, ahol CO_2 gázzal elkábítottuk őket. A kábult méhek közül koncentrációként 10×10 db került 1–1 izolátorba. A kontroll és a kezelt tápoldatokat

alul megvágott Eppendorf csövekből kapták a méhek. Táplálékként 500 g/liter (50%-os) végkoncentrációjú vizes cukoroldatot kaptak, amibe bekeverésre került a kísérleti anyag is. A 10–10 méh 200–200 μl -nyi kezelt oldatot, ill. a kontroll csoport csak cukoroldatot kapott. Ezt a táplálékot a 10 db méhnek 3–4 órán belül el kellett fogyasztania, de ha a teljes mennyiség nem fogyott el, ez a periódus meghosszabbításra került két órával. Ezután meghatároztuk a valóban elfogyasztott táp mennyiségét, és ezután a kontroll csoportokhoz hasonlóan a kezelt méhek is tisztán cukoroldatot kaptak ad libitum a 48 órás expozíciós időszak végéig. Amennyiben nem a teljes kísérleti anyag mennyisége fogyott el, úgy korrigálni kellett azt a valódi fogyasztással. A méheket 25 ± 2 °C hőmérsékleten, 50–70% relatív páratartalom mellett sötétben tartottuk 48 órán át. A kísérlet során mértük és feljegyeztük a mortalitást és minden egyéb rendellenességet.

Az első vizsgálatsorozatban (1/a–1/c) az azoxistrobin, boszkalid, ciprodinil, tebukonazol hatóanyagok keverékét vizsgáltuk a készítményeikből (Amistar; Cantus; Chorus 50 WG; Folicur Solo) előállított törzsoldattal, illetve a 100×-os dózist analitikai standardokkal is beállítottuk (1/d). A második vizsgálatba (2/a) az azoxistrobin, difenokonazol, boszkalid, dimoxistrobin, fluopiram, protiokonazol hatóanyagok kerültek bevonásra, szintén készítményeikből (Amistar Top, Pictor, Propulse) beállított törzsoldatból. A méhek érzékenységét a módszer által megkövetelt dimetoat rovarölő hatóanyaggal (Dimetoat standard: LGC – DR EHRENSTORFER) határoztuk meg.

Eredmények

1/a) A négy készítmény 100×-os koncentrációban alkalmazott keverékének tápfogyasztása 77,3%-os volt. Mind a kontrollban, mind a kezelt állományban minimális (2%-os) pusztulást tapasztaltunk.

1/b) A négy készítmény 200×-os koncentrációban alkalmazott keverékének tápfogyasztása 66,8%-os volt. A kontrollban 10,0% alatti pusztulást tapasztaltunk.

tulást tapasztaltunk, míg a kezelt állományban 21,0 %-ot, ami nem jelentős.

1/c) A négy készítmény 400×-os koncentrációban alkalmazott keverékének tápfogyasztása 84,0%-os volt. A kontrollban 10,0% alatti pusztulást tapasztaltunk, míg a kezelt állományban 31,0%-ot, ami közepes értékű.

1/d) A négy gombaölő hatóanyag, bizonyítvánnyal rendelkező standardból beállított, 100×-os koncentrációban alkalmazott keverékének tápfogyasztása nagyon magas 96,3%-os volt. Mind a kontrollban, mind a kezelt állományban 10% alatti (kontroll 4%-os, kezelt 2%-os) pusztulást tapasztaltunk.

2/a) A hat hatóanyagot tartalmazó, három készítmény 100×-os koncentrációban alkalmazott keverékének tápfogyasztása 79,4%-os volt. Mind a kontrollban, mind a kezelt állományban minimális (2%-os) pusztulást tapasztaltunk.

Összességében megállapítható volt, hogy az évek során a méhekből a legnagyobb mennyiségben kimutatott gombaölő hatóanyagok keverékének 100 ×-osa gyakorlatilag nem okozott pusztulást.

Ezek az akut etetéses kísérletek megnyugtatóan alátámasztották a korábbi méhelhullásokkal kapcsolatban tett értékeléseinket, mely szerint a méhekben egyszerre kimutatott, több „méhekre nem jelölésköteles” kategóriába sorolt gombaölő hatóanyag számottevően nem járult hozzá a tapasztalt rendellenességekhez. Ez azonban nem jelenti azt, hogy krónikus,

a fiasításra ható, vagy a gyűjtő méhek eltávolítását okozó hatásuk ne lenne. Ezen hatások felmérésére az OECD egyéb, az engedélyezési vizsgálatokban előírt módszerei alapján további magasabb rendű vizsgálatok lennének szükségesek. Ugyanakkor további kellene folytatni az alap adatokat jelentő etetéses, és kontakt akut hatások vizsgálatát is, amelyekbe a méhek atkaellenes kezelésében alkalmazott állatgyógyászati hatóanyagokat (amitráz, kumafosz), ill. „méhekre nem jelölésköteles” rovarölő hatóanyagokat is be kellene vonni. Sajnos a további kísérletek megszakadtak, illetve a fenti eredmények sem kerültek publikálásra, amelyben közrejátzott, hogy a laboratóriumok elkerültek a szakmai igazgatóságok irányítása alól.

Általában a méhészetekben tapasztalt rendellenességek komplex hatások eredményeként jelennek meg, ritkábban vezethető vissza egyértelműen csak egy okra. Napjainkban az időjárási anomáliák is nagy károkat okoznak, ahogy idén is igencsak megfogyatkoztak emiatt a méhcsaládok. A méhegészségügyi helyzetet a kevésbé vizsgált patogén méhvírusok is ronthatják. A biológiai diverzitás fenntartása pedig különösen fontos, mert a méhek röpkörzetében, a rövidebb-hosszabb ideig terített asztalt kínáló virágzó nagyüzemi táblák mellett más növényekről is gyűjtenek virágport a méhek.

Érkezett: 2025. május 6.

ÚJ IDEGENHONOS GYÜMÖLCSKÁRTEVŐ KIMUTATÁSA MAGYARORSZÁGRÓL

Nagy Csaba és Şen Emre (MATE Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Kutatóközpont), valamint Kiss Balázs (HUN-REN ATK Növényvédelmi Intézet) a Bulletin of Insectology folyóiratban számoltak be az afrikai csíkos gyümölcsmuslica (*Zaprionus indianus* Gupta, 1970; Diptera: Drosophilidae) első hazai, és egyben eddigi legészakibb európai előfordulásáról. A jellegzetes ezüsféher–fekete csíkjai révén a hazánkban korábban ismert muslicáktól jól elkülöníthető faj öt egyedét 2023 októberében Érd–Elviramajor közelében két, egymástól kb. 1 km-re fekvő meggyültetvényben fogták meg, pettyesszárnnyú muslica megfigyelésére kihelyezett almaecetes csapdákkal.

Részletesen:

<https://atk.hun-ren.hu/hu/uj-idegenhonos-gyumolcskartevo-kimutatasa-magyarorszagrol/>

A MÉHMÉRGEZÉSEK JELLEGÉNEK VÁLTOZÁSA AZ ELMÚLT IDŐSZAKBAN

Tóth Péter

Országos Magyar Méhészeti Egyesület, 1094 Budapest, Viola u. 50.

E-mail: tptothpeter63@gmail.com

A növényvédelem és a méhészet kapcsolatát konfliktusok sorozata jellemzi. A két ágazat közötti nézeteltéréseket az a látszólagos érdekkülönbség generálja, minek megfelelően ugyanazt a kérdést a méhészek és a növénytermesztők is eltérően értékelik. A gazdálkodók alapvető törekvése a minél nagyobb termésátlagok elérése. Ehhez értelemszerűen egészséges, gyomoktól és kártevőktől mentes növényállományra van szükség. Ez az állapot növényvédelmi beavatkozások nélkül jelen tudásunk szerint nem érhető el. Ugyanakkor azt is el kell ismerni, hogy a beporzás, valamint a méz termelésének sikerességéhez szintén az előbbieken említett növényállományra van szükség. A problémákat fokozza az a tény is, hogy a növényvédelmi és a méhészeti termelési csúc szezon azonos időbe esik, vagyis a méhcsaládok felfejlesztése és a permetezések zöme április, május hónapokban zajlik. Így ez az az időszak, amikor a legtöbb hasznos beporzó mozog a légtérben. Ebben a helyzetben tehát a méhészek joggal érez féltelmet attól, hogy az elmúlt egy évben végzett lelkiismeretes munkájának eredménye veszik oda a nem kellő körülményekkel elvégzett munka következtében. A méhmérgezések tüneteivel és a legtipikusabb esetek felderítési folyamatával az Országos Magyar Méhészeti Egyesület gondozásában évente megjelenő „Környezetterhelési monitoringvizsgálat” c. kiadványsorozatban emlékezünk meg.

Kulcsszavak: házi méh, méhmérgezés, kaptárak kiürülése, mászkáló méhek

A méhmérgezésekről általában

A méhmérgezések klasszikus tüneteit nem nehéz elképzelni. A méh lakások (kaptárak) kijárói előtt és esetleg az aljdeszkákon méh hullalák tömege jelenik meg egyik napról a másikra (1–2. ábra). A pusztulási tünetek napokon át tartanak. A méh egyedek kitolt szipókával (hátukon fekve) szétálló szárnyakkal, görcsös testtartással fekszenek (3. ábra), sokszor idegrendszeri tüneteket mutatva a hátukon fekve körbe-körbe pörögnek. Az ilyen méhészet közvetlen környezetében egyre erősödik a bomló tetemekből áradó dögszag. Ezek a pusztulások gyakran napokon át tartanak. Az is jellemző, hogy ezeket a tüneteket mely növényvédő

szerek okozzák. Ilyenek lehetnek a klórozott szénhidrogének, a szerves foszforsav észterek, vagy például a fipronil. A permetezéssel kijuttatott neonikotinoidok (tiametoxam, klotianidin, imidakloprid) is megfigyelhetők hasonló tünetek (4. ábra).



1. ábra. Klasszikus méhmérgezési tünet, melynek során a tetemek a kaptárak előtti területen fekszenek

A nyolcvanas évek közepétől a piretroidok bevezetése új helyzetet teremtett, ugyanis megjelent egy újabb tünetcsoport, ez a kaptárak



2. ábra. Fipronil mérgezés hatására elhullott méhek tömege a kaptár aljdeszkáján



3. ábra. Mérgezési tüneteket mutató méhhullák



4. ábra. Klotianidin által elpusztult méhek Királyszentistván határában, Fotó: Máté Miklós

nyom nélküli elnéptelenedése. Ilyenkor a taglózó hatású, egyben gyors lebomlású piretroidok hatására a gyűjtéssel foglalkozó méh korosztály a permetlé felhőbe belerrepülve nem tér haza. Ezek az egyedek vagy a permetezett táblán belül, vagy valahol út közben hazafelé pusztulnak el, elvesznek (5–6. ábrák). Ez utóbbi jelenséget gyakran kíséri a kaptárak előtti területen az ún. *máskáló méhek* megjelenése. Sajnos azt is el kell mondani, hogy a méheknek ez a viselkedése nem csak a növényvédő szereknek, hanem pl. különböző kórtani tényezőknek (pl. súlyos nozéma vagy vírusfertőzésnek) is betudható. Persze a kaptárak kiürülését nemcsak a piretroidok hatására lehet észlelni. A nemzetközi kutatások (Keszthelyi 2023) szerint a neonikotinoidokkal csávázott területek növényállománya által kiválasztott testnedvek (pl. guttációs víz, nektár stb.) szermaradékainak hatására is megtörténhet mindez.



5. ábra. A méhek a táblán pusztulnak el piretroid mérgezéskor (Mezőkomárom 2010.)



6. ábra. Piretroid mérgezéskor kiürült kaptár

A helyzetet cifrázza az a tény is, hogy az EU-ban az utóbbi időben végzett értékelések folyamán több egyébként hatékony növényvédő szert (köztük rovarölő készítményeket is) kivontak a forgalomból. Ez magával vonta azt is, hogy az előbb említett két méhmérgezési tünetcsoport egymáshoz viszonyított aránya erősen megváltozott, vagyis a '80-as évekig az észlelt esetek között eleinte a tömeges elhullás tünetei voltak a dominánsabbak, később pedig éppen ellenkezőleg egyre gyakoribbak lettek a méh eltűnések.

A bejelentett esetek számának alakulása

A méhmérgezési esetek száma, jellege az elmúlt 40 évben igen érdekesen változott. A rendszerváltást megelőzően a „mezőgazdaság kemizálásának” időszakában az évente bejelentett esetek száma 148–558 db között változott (Fazekas és mtsai 2012). A rendszerváltást követően a bejelentett esetszám drasztikusan csökkent. 1993-ban 17, 2004-ben 1 eset került a hatóság látókörébe. A csökkenés magyarázatát az adja, hogy a rendszerváltozást megelőzően viszonylag könnyű volt a felelősök felkutatása és a mérgezésben szerepet játszó hatóanyagok kimutatása. Ugyanakkor a rendszerváltozást követően a felderítések hatékonysága jelentősen romlott. Ennek a visszaesésnek az egyik oka abban rejlik, hogy az agrárpolitikai változások következtében az elaprózódott birtokszerkezet mellett igencsak megnehezült a felelősök felkutatása. Ugyanakkor a bejelentések számának visszaesésével és a valós esetszámmal kapcsolatos ellentmondást jelenti az is, hogy az előbb említett átalakulások következtében sajnos nagyon sok esetben a nem megfelelő szaktudással rendelkező új földtulajdonosok kezébe került a permetezések gyakorlati végrehajtása. Az esetszámok drasztikus csökkenését az a tévedés is támogatta, miszerint a méhészek úgy gondolták, hogy a káreseményeket okozó gazdák kilétének felkutatása is az ő feladatuk volna, ehhez pedig igen kevés méhésznek volt kedve és ideje. Az ügyek felderítésének további gátja volt az is, hogy az Állategészségügyi Diagnosztikai Intézetben elvégzett vizsgálatok költségei is a káro-

sultakat terhelték, így nem is csoda, hogy a rendszerváltozás előtti időkhöz képest visszaesett a bejelentések száma, így megalapozottnak tűnik az a feltételezés, hogy a rendszerváltás után bekövetkezett káresemények jelentős részét a méhészeti ágazat saját veszteségeként volt kénytelen elkönyvelni 1990 utáni időszakban.

A felderítések vonatkozásában változást hozott, amikor 2007–2012 között az Országos Magyar Méhészeti Egyesület (OMME) vette át a vizsgálatok költségeinek finanszírozását. Ezeknek a vizsgálatoknak eredményeként fény derült arra is, hogy a hazai gyakorlatban legelterjedtebb módon az akkor még felhasználási engedéllyel rendelkező foszforsav észterekkel, neonikotinoidokkal esetleg fipronillal okoztak a gazdálkodók számos mérgezési esetet Magyarországon. Ugyanakkor meglepő módon a korábban már kivont klórozott szénhidrogének is megjelentek egyes mintáinkban (virágporban, vagy éppen a méhtetemekben). Ezek az adatok is azt a feltételezést támasztják alá, hogy a rendszerváltozást követően csak látszólag volt „eseménytelen” a növényvédelem és a méhészet kapcsolata.

A bejelentett esetek vizsgálata folyamán fény derült néhány elképesztő szabálytalanságra, minek következtében (a méhészeti károokra történő hivatkozással) kivonták a fipronil tartalmú *Regent* készítményt a forgalomból.

Ugyanígy okok alapján 2012-ben a hatóság, megszigorította a szerves foszforsav észterek felhasználásának szabályait.

Ennek megfelelően az alábbi változások léptek életbe:

1. Megtiltották a dimetoát hatóanyag tartalmú szerek felhasználását (pl. a jól ismert Bi-58 EC-ét) a gyümölcsösökben és a házi kertekben és egyéb kultúrákban. Ne feledjük, arról a II. kategóriás készítményről beszélünk, amit szinte minden hazai gazdálkodó használt abban az időben, ha valamilyen rovarkártevőt kellett háttalanítani. A dimetoáttal okozott mérgezések és a szakértelem hiányának egyik legszembetűnőbb példája az fényleskítési eset, amelynek során az almáról gyűjtött virágmintában 32 mg/kg mennyiségű dimetoát jelenlétét igazolta vissza a laboratórium.

2. Az összes szerves foszforsav-észter csoportba tartozó hatóanyagot tartalmazó készítményt, így a klórpirifosz és klórpirifosz-metil hatóanyagúakat is egységesen átsorolták az I. kategóriájú szerek közé. ez azt jelenti, hogy ezeket a szereket innentől kezdve csak növényorvos által kiállított receptre lehetett megvásárolni. Ugyanakkor ezeknek a szereknek a repcében történő utolsó felhasználását csak a növények rejtett zöldbimbós állapotában (BBCH 50) engedélyezték.

A megváltoztatott engedélyokiratokat az alábbi indoklással adta ki a hatóság:

„Az engedélyező hatóság az Országos Magyar Méhészeti Egyesület 2011. május 25. napján benyújtott tájékoztató jellegű beadványa alapján a ... rovarölő permetezőszer engedélyokiratát saját hatáskörében módosítja a méhekre biztonságosabb felhasználás érdekében.”

A fentiek jelentős változásokat hoztak tehát a méhek, a környezet, valamint a szereket felhasználó gazdálkodók egészségi állapotának védelme érdekében is. A problémák sajnos nem oldódtak meg, különösen a repce esetében, ugyanis a klórpirifosz kijuttatásának utolsó időpontjául meghatározott BBCH 50-es fenológiai állapot igen nehezen ítéltető meg a termelő oldaláról (Szabó 2017). Ennek megfelelően a több vitát váltott ki az a tény, miszerint a klórpirifosz a teljes kivonás időpontjáig (2020. április 16.) folyamatosan kimutatható volt az előbb említett fenológiai állapotot követő repce mintákban és a pusztult méhekben is. Sajnos volt arra is példa, hogy a hatóság a szermaradékok kimutatott mennyiségét nem tartotta elégségesnek a méhek pusztulásához.

A mérgezési esetek között új kategóriát jelentett az a helyzet, aminek eredményeként az OMME által elvégzett méhtoxikológiai kísérletek eredményeként sikerült bebizonyítanunk, hogy bizonyos méhekre nem jelölésköteles szerekben alkalmazott hatóanyagok tankkeverékei toxikusak a méhekre, tehát virágzó kultúrákban csak a méhkímélő szabályok szerint volna célszerű alkalmazni őket (Szabó 2017). Ezeket az eredményeket a hatóság szintén elfogadta, minek megfelelően az acetamiprid és a tiakloprid hatóanyagoknak a tebukonazzal

történő együttes alkalmazása esetén csak az előbbieken felvázolt méhkímélő technológiai eljárásban használhatóak (7. ábra).



7. ábra. Acetamiprid és tebukonazol tankkeveréke által elpusztult méhek

A káresemények felderítésének érdekében a (2010-es évektől kezdődően) a hatóság is tevékeny szerepet vállalt. Az ezekben az esetekben alkalmazható eljárásrend 2012–2013-ban lépett életbe. A mintavételi bizottságok által begyűjtött növény és méhmintákat az ÁDI helyett a hatósági növényvédőszer-analitikai laboratóriumokban vizsgálták. Persze ez a folyamat sem volt problémáktól mentes ugyanis a vizsgálatba bevont kémiai laboratóriumoknak egy része nem rendelkezett a méhek vizsgálatára kiterjedő akkreditációval, sőt egy esetben arra is fény derült, hogy bizonyos vegyületek vonatkozásában nem volt egységes a műszerek mérési érzékenysége. Ezeket a hibákat azóta, már kijavították, sőt 2019-ben az eljárásrend is módosításra került. Az új eljárásrendbe beillesztették azoknak a javaslatoknak is a nagy részét, amit éppen a méhészek (tehát az OMME) javasolt. Ugyanakkor továbbra is van még teendő az eljárásrend pontosításával kapcsolatosan. Ez a megállapítás különösen az azóta bevezetett elektronikus permetezési napló adatainak értelmezésével van összefüggésben.

Az elmúlt esztendők mérgezési adatai a szermaradékok oldaláról szemlélve

Ha a méhészek által 2019–2024 között bejelentett méhmérgezési esetek számát és a tetelekben kimutatott szermaradékokat vizsgáljuk (1. táblázat), akkor az alábbi érdekes összefüggések figyelhetők meg:

1. Az említett időszakban bejelentett esetek összes száma 295 db. Vagyis ez azt jelenti, hogy a bejelentések száma az említett hat év alatt összesen annyi volt, mint a rendszerváltást megelőzően egy átlagos esztendőben.

2. Ehhez képest az ok-okozat összefüggésével leírható esetek mennyisége viszonylag alacsony. Összesen kilenc esetben történt ez meg.

3. A méhtetekben kimutatott hatóanyagok között nagy számmal (140 alkalommal) szerepelnek a virágzásban fényes nappal is alkalmazható méhekre nem jelölés köteles szerek hatóanyagai, az acetamiprid, klorantraniliprol, pirimikarb, tau-fluvalinát, tiakloprid. Ez utóbbi hatóanyagot 2020-ban kivonták a forgalomból, a megmaradt készleteket 2021. év elejéig lehetett kipermetezni. Ennek megfelelően ez a hatóanyag 2023–2024-ben már nem is volt már kimutatható a tetemekben. Ezekről a hatóanyagokról egyéb-

ként nagy általánosságban elmondható, hogy nem tehetőek felelőssé a méhmérgezésekért, leszámítva azokat az eseteket, amelyekben esetleg az acetamiprid, vagy a tiakloprid egy tankkeverékben kerül kijuttatásra a tebu-konazol hatóanyaggal.

4. Ha megvizsgáljuk, hogy a méhullákban milyen egyéb hatóanyagokat detektált a laboratórium, akkor döbbenünk meg csak igazán, ugyanis ezek között nagy számban (129 alkalommal) szerepelnek a már nem engedélyezett vegyületek. Ilyen pl. indoxakarb, klotianidin, tiametoxam, imidakloprid, fipronil, fipronil-szulfon, dimetoát, ometoát, diazinon és az azóta már szintén kivont klórpirifosz). Közös jellemzőjük még, hogy ezek a hatóanyagok hosszú hatástartamúak és méhekre kifejezetten/mérsékeltlen kockázatosnak ítélt szerekben fordulnak elő. A hatásuk számlájára az elsőnek említett tünetekkel szembesülünk. Természetesen meg kell jegyezni azt is, hogy ezek az adatok tartalmazzák az egyes anyavegyületekből származó bomlástermékeket is, pl. a dimetoátból képződött ometoátot is, vagy a tiametoxamból képződött klotianidint is, ami feltételezi, hogy valójában kevesebb azoknak a hatóanyagoknak a valós mennyisége, ami végül a méhek pusztulását okozta.

1. táblázat

Évjárat	Esetek száma	Szermaradéktól mentes minták száma/nem volt mintavétel	Feltárt ok-okozati összefüggés	Kimutatott rovar/atkaölő hatású vegyületek előfordulása																				
				Tau-fluvalinát	Acetamiprid	Tiakloprid	Klorantraniliprol	Pirimikarb	Indoxakarb	Klotianidin	Tiametoxam	Imidakloprid	Fipronil	Fipronil-szulfon	Klorpirifosz	Dimetoát	Ometoát	Diazinon	Spiromezifen	Spinozád/SpinozinA	Lambda-chalotrin	Cipermetrin	Tetametrin	Piperonilbutoxid
2019.	87	38	2	17	2	13	2	1	1	23	18		7	8	10	1	1	3		1		2	3	
2020.	35	21	2	7	1	1				7	3	1	1					5		2				
2021.	99	47	1	46	20	1				4	5		1		9			3	8	9				
2022.	27	9	0	5	3	1				3	2		1		1					1	1	1		
2023.	22	6	1	4	4					2	4					2	1							
2024.	25	18	3	12									7											
Összes	295	139	9	91	30	16	2	1	1	39	32	1	17	8	20	3	2	6	13	9	4	1	3	3

5. A ma is engedélyezett és méhekre mérsekeltlen vagy kifejezetten kockázatos szerek hatóanyagai között a lambda-cihalotrin, a cipermetrin, tetrametrin a spinozad és a spinomezifen összesen 30 alkalommal volt kimutatható a méhek tetemeiben. Ha ezekből leválogatjuk azokat a hatóanyagokat, amelyek kizárólag a mezőgazdaságban használatosak (lambda-cihalotrin, cipermetrin), akkor világlik csak ki igazán egy igen komoly ellentmondás: az említett két vegyület előfordulása ezekben a tetemekben mindössze 5 alkalom. Ez az alacsony előfordulási gyakoriság viszont ellentétben áll azzal a tapasztalattal, miszerint Magyarországon a legnagyobb területen, pl. a gabonákban éppen a piretroidokat használják a legnagyobb területen a rovarkártevők leküzdésének céljából. Ezeket a védekezéseket pedig éppen a repce és az akác virágzása alatt, tehát a méhészeti főszezonban alkalmazzák.

A fentiek alapján levonható az a téves következtetés miszerint, a hazai méhmérgezési esetek zömét a Magyarországon már nem alkalmazható növényvédő szerekkel okozták a gazdálkodók. Látszólag úgy tűnik, mintha a legnagyobb területen felhasznált piretroidoknak ebben a folyamatban elhanyagolható lenne a szerepe, pedig a méhészekről kapott információk szerint igen magas azoknak a be nem jelentett méh eltűnése eseteknek a száma, ami tipikus piretroid mérgezést sejtetnek a háttérben. Ha ismerjük ezeknek a hatóanyagoknak a gyors lebomlását és hatásmechanizmusát, akkor egyértelmű, hogy az általuk okozott mérgezések felderítésénél és az adatok értékelésénél a hagyományos szemlélettől eltérő gondolatmenetet kellene követni. Erre enged következtetni az a tény is, hogy a 2019–2024 között bejelentett mérgezési esetek során nagyon sok volt az olyan méhészet, ahol vagy nem sikerült méhmintákat gyűjteni, vagy a begyűjtött mintákban semmilyen rovarölőt nem sikerült kimutatni. Ennek okai a következők lehetnek:

1. A növényvédő szerrel szennyezett méhek nem érnek haza, tehát a kaptárak előtt összegyűjtött tetemek, nem a mérgezésből, hanem pl. természetes elhullásból származnak.

2. Ha esetleg kis dózissal piretroiddal szennyeződnek a méhek, vagy netán a kaptárakhoz közel történik a számukra végzetes permetezés, akkor ugyan elképzelhető, hogy mégis hazatérnek, de a mintavétel időpontjára már előfordulhat, hogy lebomlik testükben a hatóanyag...

Sajnálatos módon tehát be kell látni azt, hogy az ilyen esetek felderítésénél az előbb már említett új utakat kell keresni. Ehhez lehetne az egyik igen komoly változás, ha a gazdálkodó az elektronikus permetezési naplóban jelezné, hogy a méhkímélő szabályoknak megfelelően, alkalmazta-e az illető készítményt. Ugyanakkor a felderítés folyamán igen fontos előrelépést jelentene, ha a mintavételi bizottságok nemcsak a megmintázott területekhez kapcsolódó permetezési naplókat ellenőriznék, hanem a kérdéses méhészet 3 km sugarú körzetében bejelentett összes rovarölő szerez védekezéssel kapcsolatban is szereznének be információkat. Továbbá igen fontos hiányossága az e-permetezési naplóknak az, hogy a bejegyzések elkészítésekor a gazdálkodó nem tudja rögzíteni, hogy méhkímélő technológia szabályainak megfelelően, vagy nappal hajtotta-e végre a permetezést...

IRODALOM

- Fazekas B., Woynárovichné Láng M., Deákné Paulus P., Csaba Gy. és Orosz E.** (2012): Méhek növényvédő szerek okozta mérgezései 2007–2011 között. Magyar Állatorvosok Lapja, 134(4): 213–220.
- Keszthelyi S.** (2023): *Szántóföldi kárdiagnosztika*. Inform Kiadó & Nyomda Kft., Budapest. 336 p.
- Szabó Á.** (2017): Méhek veszélyeztetése „méhekre nem jelöléskötelese” növényvédő szerek kombinációja esetén. Agroforum, 28 (2): 40–42.
- Szabó Á., Tóth P. és Péntes B.** (2019): Kockázatok és nehézségek a repce tavaszi klórpirifoszos kezelésének időzítésében. Agroforum, 30(3): 70–73.
- Tóth P.** (szerk.) (2010–2024): Magyar Méhészeti Nemzeti Program Környezetterhelési monitoring-vizsgálat. Budapest, OMME. Elérhető: <http://omme.hu/> (letöltés: 2025. május 7.)

Érkezett: 2025. május 9.

KRÓNKA

2025-BEN AZ ÉV BEPORZÓI A DARÁZSCINCÉREK

A Beporzók napjának 2018-as kezdeményezését elfogadta és felkarolta a magyar társadalom. A kezdeményezés mögött kezdettől ott munkálkodó Magyar Környezeti Nevelési Egyesületben létrejött a Beporzók munkacsoport, amelynek tagjai 2023-ban úgy érezték, hogy megérett a helyzet az Év beporzói program meghirdetésére is. Ez egyfelől illeszkedik az Év madara, Év rovara, Év hala, fája, őslénye és más hasonló programok sorába, amennyiben szeretné a közönség figyelmét egyvalamire koncentrálni a rengeteg arra érdemes természeti csodából, illetve a győztesek kiválasztása három jelöltből online szavazással történik.

Annyiban viszont eltér a többitől, hogy

1. nem három fajt, hanem három rovarcsoportot jelölnek,
2. az eredményt nem Újévre, hanem a Beporzók napja előtt hozzák nyilvánosságra,
3. a győztesek bemutatása mellé készítenek egy ötletgyűjteményt a beporzó rovarokat megismertető és népszerűsítő pedagógiai és játékos módszerekből.

Talán csak az első különbséget kell indokolni: a hazai beporzók zöme olyan rovarcsoportok tagja, amelyek fajainak azonosítását szakemberek, esetleg csak kevés szakember képes elvégezni, nem várható hát el laikusoktól – vagy maguktól a program szervezőitől – hogy azonosítani tudjanak győztes fajokat.

2023-ban a legfontosabb beporzó rovarok a méhek közül a falíméhek, 2024-ben pedig három lepkecsoportból a boglárkalepkék lettek a kiválasztottak. A vadon élő méhek között semmiféle jelentős kártevő nincs,

bár pl. a szabóméhek egyike a rózsza levelének kicsipkésésével leginkább esztétikai kárt okoz. A lepke-jelöltek között viszont ott voltak a fehérlepkék. Tudatos választás volt, így szeretnénk volna rámutatni, hogy a hasznosság és károsság fogalma relatív, lehet egy fajnak a hernyója kártevő, az imágója viszont hasznos (és szép a szemnek). 2025-ben a rovarfogyasztó, tehát ezen át is hasznos lágybogarak, az általában ismeretlen marókák, és a megintcsak kettős megítélésű, emellett látványos darázscincérek közül lehetett választani. 55%-kal utóbbiak viték el a pálmát.

A cincérek jó lehetőséget adnak megint arra, hogy a haszon és kár fogalmát közbeszéd tárgyává tegyük. Lárvaik zömmel beteg és holt fákban fejlődnek, de azért a darázscincérek az ipar számára gondot nemigen okoznak, viszont a holt faanyag lebontásában játszott szerepük fontos. Az imágók olykor megrágnak a virágokat, ezzel megint károkat okozhatnak, a virágpor szállításával viszont ismét hasznos. Külalakjuk pedig (védő mintázat kialakulása, azaz darázsutánzás, ami legyek, lepkék, pókok körében is előfordul) egy érdekes evolúciós folyamatot mutat be. A győztesek részletesebb bemutatása, illetve a 140 oldalas, letölthető ötletgyűjtemény a www.mkne.hu/az-ev-beporzoi/ linken található.



1. ábra. A 2025-ös Év beporzói hivatalos oldalának nyitóképe

Beporzók és mezőgazdaság

A beporzó rovarok és a mező- illetve kertgazdaság között kölcsönös függőségi viszony van. A beporzók szükségesek a terméshez, a haszonnövények genetikai diverzitásának (ezen át a rezilienciájának) fenntartásához, e rovarok fennmaradásához viszont egészséges, azaz megfelelően természetes ökoszisztémákra van szükség. Rovarok porozzák be a virágos növény fajok háromnegyedét, és az élelmiszereinket adó növényeknek mintegy 35%-át, emellett döntő szerepük van az egész élővilág „egészségének” fenntartásában.

Azzal az álommal, hogy rovarok helyett majd apró drónok végzik el a beporzást, dollármilliókat lehet kaszálni pályázati úton vagy idealista adományozóktól, de a több mint 100 millió éves növény-rovar koevolúció által létrehozott elképesztő diverzitás nyilvánvalóvá teszi, már csak az apró méretek miatt is, hogy ennek megvalósítása technikailag irreális. A házi méh sem képes olyan határfokú megkötést létrehozni, mint a sokféle faj által együtt végzett megporzás. Rovarokra tehát szükség van, a mező- és kertgazdaság jövője is múlik ezen, és a természetes folyamatok, az ökoszisztéma szolgáltatások működése is. A rovarvilág azonban jelenleg kimutathatóan fogy, fajszámban is és egyedszámban is.

A pusztulás négy fő okát ismerjük. Első helyen az élőhelyek eltűnése és feldarabolódása áll, és ebben az iparszerű mezőgazdaság komoly részt jelent. A második fő ok a környezetszennyezés. Ide sorolták a rovarölő szereket is, és ide tartoznak a gombaölő szerek is, hiszen a rovaroknak is van bélflórája, mint nekünk, és annak elszegényedése rájuk nézve is káros, akárcsak ránk nézve. A gyomirtók pedig épp

azokat a növényeket irtják, amelyek sokféleségük és az év különböző időszakában való virágzásuk miatt jelentős támaszai a pollen- és nektárfogyasztó rovarvilágnak. A harmadik legfontosabbnak tartottak a biológiai okok: ezek sorában a monokultúrák jelentősek (a különféle vadon élő beporzóknak pont a változatosságra van szükségük), illetve a jövevény és inváziós fajok jelentenek veszélyt, akár kórokozókra (pl. varroa atka), akár sűrű monokultúrát létrehozó virágos növényekre gondolunk. Az aranyveszítő nehezen kiirtható onnan, ahol terjeszkedni kezd, és tavasztól kezdve sűrű állományokban nő, semmilyen más lágyszárút meg nem hagyva maga alatt, tehát monokultúrát hoz létre, és aki virágot keres itt, annak felkopik az álla. Összel kezd virágozni, és kétségtelenül az egyik utolsó – tömeges – tápláléka az akkorra megfogyatkozott aktív beporzóknak, mellesleg a méhészek nagy öröme. Végül az elemzések alapján csak negyedik helyre szorult a globális klímaváltozás, a fenológiai eltolódások okozta nehézségekkel és a csapadékviz viszonyok megváltoztatásával.

Ezeknek az okoknak szoros köze van a mezőgazdasághoz, de a problémák megoldását nem lehet csak az agráriumtól várni. Gazdálkodók, kutatók, politikusok és a társadalom is szükséges ahhoz, hogy a beporzóknak jövője legyen, és biztosítsa a következő nemzedékek számára a fenntartható élelmiszertermelést. Magyarul: ebben szükség van minden emberre. A Beporzók napja, illetve az Év beporzó program pont azért jött létre, hogy a közvélemény szemét is felnyissa arra, hogy a rovarokra nem csak, mint nemszeretem élőlényekre kell gondolnunk, hanem mint az egész természet, és benne az emberiség létezését és jólétét biztosító kis segítőkinkre.

Vásárhelyi Tamás

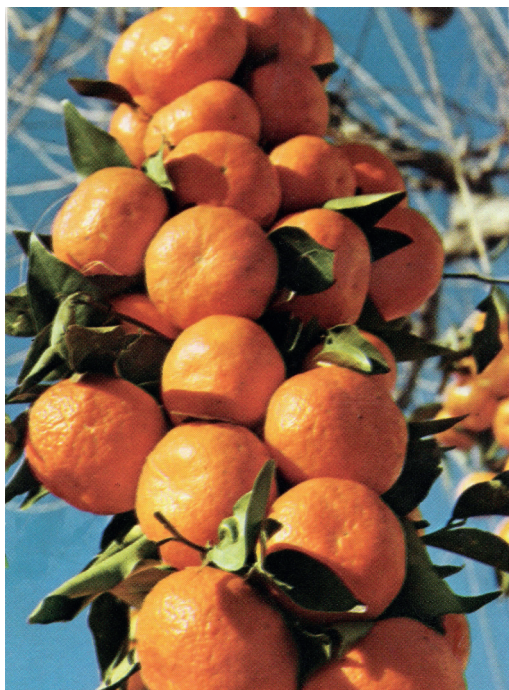
BOTANIKA

DENDROLÓGIAI UTAZÁS KÖZELI ÉS TÁVOLI TÁJAKON (7.)

Citrus deliciosa (Mandarin) (1. ábra)

A *Citrus*ok a Rutafélék (*Rutaceae*) családjába tartoznak. A család mintegy 1300 növényfajának jellemzője, hogy a leveleik mirigyesen pontozottak és erős illatúak, aromás illóolajat tartalmaznak. A család legnagyobb gyakorlati jelentőségű nemzetsége a *Citrus*. A szubtrópusok és a mediterrán vidékek örökzöld, gyakran ágtövises, sötét lombú fajai Indiában és Kínában honosak. Hártyás falakkal osztott bogyótermésükben a magvakat szorosan álló „emergencia tömlők» veszik körül; a magvak vízszintesen helyezkednek el, gyakran több embrióval (*poliembrionia*), a maghéj fehér. A termés húsát borító cikkekre elkülönülő hártya az endokarpium, melyet kívül nagy sejtközi járatokkal rendelkező szövet – az *albedo* –, azaz a mezokarpium határol. A terméshéjban (*flavédo*) nagyszámú szkizolizigén eredetű illóolajtartó differenciálódik. A levelekben és a termésekben különféle glikozidok és sztahidrin fordul elő.

A *Citrus*okhoz személyes emlékem kötődik. 1988-ban lehetőségem adódott látogatást tenni a Krim-félszigeten fekvő, tájképi szépségekben és botanikai értékekben gazdag Nikitai Botanikus Kertben. A Kert akkor 11.000 növényfajt számlált. Négy napot szenteltem a bejárásra. Ennek során több figyelemre méltó növényfajjal találkoztam. Ezek közé tartozott például az 500 éves molyhos tölgy (*Quercus pubescens*), a Libanoni- (*Cedrus libani*) és az Atlaszcédrus (*C. atlantica*), az Óriás mammutfenyő (*Sequoiadendron giganteum*), a Himalájai ciprus (*Cupressus torulosa*), a Perzsa varázsfű (*Parrotia persica*) a Kaukázusi gyertyánszil (*Zelkova carpinifolia*) és a Gyantáscédrus (*Libocedrus decurrens*).



1. ábra. Pompás, étvágygerjesztő mandarinfűrt
Fotó: [P. Maubourguet (1993) nyomán]

Véletlenül akadtam rá, a félreeső helyen levő gazdag *Citrus*-gyűjteményre. A gyűjteményt a következő fajok alkották: a cédrát citrom (*C. medica*), a közönséges citrom (*C. limon*), az édes citrom (*C. limetta*), a bergamott narancs (*C. bergamia*), a keserű narancs (*C. aurantium*), az óriás narancs (*C. aurantium* var. *grandis*), az édes narancs (*C. sinensis*), a királynarancs (*C. nobilis*), a savanyú narancs (*C. aurantiifolia*), a mandarin (*C. deliciosa*), a hosszútövisű narancs (*C. hystrix*), a vérnarancs (*C. aurantium* var. *melitensis*), és a citrancs (*C. myrtifolia* x *paradisii*). Szóljunk néhány szót a fotón látható mandarinról. Kistermetű, szétterülő, sűrűn ágas, tövises hajtású cserje. Virágai fehérek, magányosak, vagy kisebb csoportokban nőnek. A rokonfajoktól könnyen megkülönböztethető, megnyúlt-elliptikus leveleivel és jellegzetes mindkét végén lapított, 5–7,5 cm átmérőjű, gömbös narancstermésével. Héja viszonylag vékony, a kellemesen édes, aromás, éretten ragyogó narancsszínű, húsáról könnyen leválasztható.

Kevesen tudják, én is a Kert munkatásaitól értesültem arról, hogy (a nyugati genetikusok által lenézett) orosz kertész és nemesítő Iván Vlagyimirovics Micsurin nemesítő tevékenységének fontos színhelye a Nikitai Botanikus Kert volt. Itt nemesítette például, a híres *fekete kajszi* barackot és a *magnélküli körtét*.

« *Hegyre menet ritkulnak a fák.
Az élet is csak gerezdekből áll
s örökké hordjuk izeit
ide varázsolt szép Itália
vagy még délibb fűszerszagú táj
izleltelek
megcsapott illatod
s elültetem magod* »

(Pusztasándor: Citrom)

Ilex aquifolium (Közönséges magyal) (2. ábra)

A Magyalfélék (*Aquifoliaceae*) családjába tartozik. Főleg, Dél- és Nyugat-Európa bozótosaiban és sövényeiben gyakori örökzöld cserje vagy kisebb fa, amely elérheti a 10 m-es magasságot is. Levelei fényesek bőrneműek, hullámos élűek, szúrósan fogazottak (bár – főleg idősebb fákön és az egyes kultúrformáknál – lehetnek simák és épszélűek is). A hajtás kopasz, zöldes vagy pirosuló, rügyei aprók. Kétlaki fa (vagy cserje), egyivarú virágai illatosak, 8 mm átmérőjűek, kis fürtökbe tömörülnek. Húsos termései ragyogó pirosak, 4 magvúak, mérgezőek. A kéreg ezüstszürke, fája kemény világos. Nagyon sok kertészeti formája ismert; ezek levelei lehetnek tarkák, csavarodottak, erősen tövisesek vagy teljesen simák. A „holly” az angolok ked-

velt karácsonyi növénye. Ezt és fagyöngyöt (*Viscum album*) viszi magával a karácsonyi kántáló, ezekkel díszítik a karácsonyi asztalt, és ebből fonnak koszorút a csillár köré, alkalmat adva annak a kedves karácsonyi szokásnak, hogy akik alatta megcsókolják egymást, még abban az évben összefonódik az életük. A régi pogányok nagy becsben tartották, házuk mellé ültették, mert úgy gondolták, hogy a magyal az istenek kegyeltje, és minden természeti csapást távoltart tőlük. Tisztelete a keresztény vallásba is átkerült. Ősi legenda szerint a magyal a megkínzott Krisztus lábnyomán fakadt. Ezért, még a szenvedésre emlékeztető szúrós levelei, és a vércseppeket szimbolizáló piros bogyci miatt, a régi angol irodalomban szent fának (sacred tree) nevezik.



2. ábra. A mutatós magyal cserje. Fotó: [F.B. Hora (1976) nyomán]

Solymosi Péter

MEGEMLEKEZÉS

EMBERORVOS, AKI A NÖVÉNYORVOSOK GENERÁCIÓIT OKTATTA

**IN MEMORIAM: DR. LEGOZA JÓZSEF
C. EGYETEMI TANÁR (1952–2025)**

Emberorvos, növényorvosok nemzedékeinek tanára, 33 éven át a Debreceni Egyetemen, igaz ember és emberséges tanár.

Dr. Legoza József (1952.10.05. – 2025.04.18.) régi tanár kollégánk, akit még 1991-ben (33 évvel ezelőtt!) kértünk fel a „Növényvédelmi higiénia” tárgy oktatására, az egykori KÖJÁL (később a Hajdú-Bihar Vármegyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály) vezető főorvosát, mint nagyszerű szakembert kerestük meg, hogy legyen a növényvédelmi szakemberek (növényorvosok) képzésében, mint autentikus humán orvos előadónk!

A növényorvos képzésnek egy kicsiny, de a gyakorlati munkavégzés tekintetében meghatározó szegmensét jelenti, hogy a hallgatók elméleti és gyakorlati sikon egyaránt tisztában legyenek a felhasznált kémiai anyagoknak (peszticideknek) a környezetre, és a humán oldalról a munkát végzőkre, illetve a mezőgazdasági termékek előállításánál során (közvetlen vagy közvetett módon) elfogyasztó emberre (takarmány – állat – ember, illetve növényi termék – ember) leselkedő veszélyekkel. Az okleveles növényvédő szakirányult agrármérnökök, növényorvosok, növényvédelmi szakmérnökök képzésében a „Növényvédelmi higiénia”, illetve a növényvédelmi szakmérnök hallgatók részére a „Növényvédelmi higiéné és környezetvédelem”, majd 2017-től „Munka- és humánegészségügy” tárgyakat oktatta 1991-től 2024-ig magyar, 2021-től angol nyelven is.

A Debrecenben végzett növényorvosok százai tőle tanulhatták meg a szakterület kockázatainak, veszélyeinek szerteágazó tudományát. 2001-ben „címzetes egyetemi docens”, 2017-től „címzetes egyetemi tanári” elismerés-



sel végezte munkáját növényorvosaink között. Legoza József zseniális szellemi képességekkel megáldott fiú volt, tanulmányait – az általános iskolától az orvosi egyetemig – végig kitűnő eredménnyel végezte, melyet öt szakorvosi diplomával egészített ki. A diákjai benne igazságos, mélyen humánus tanárt ismertek meg! Számunkra, a Növényvédelmi Intézet kollektívájában nem csak kollégánk, de jó barátunk is volt, aki mindig elegáns megjelenésével, megnyerő modorával és kiváló humorával mindenkét felvidított, amikor megjelent az Intézetünk folyosóján vagy irodáinkban, és volt még néhány perce órái előtt...

Legoza doktor a „Növényorvos képzés Debrecenben” (2021) könyvünkben írta meg a „Humánorvos részvétele a növényorvos képzésben” c. könyvfejezetet (305–322. pp.) In: *Növényorvos képzés Debrecenben*. (Tarcali G., Kövics Gy., Radócz L., szerk.) *DE MÉK –Printart-Press Kft.*, Debrecen (<http://real.mtak.hu/138352/>).

Figyelmükbe ajánljuk a prof. dr. Legoza József orvos barátunknak jó évtizede (2013) készült élettörténeti visszaemlékezését a Magyarország Videós Arcképcsarnoka sorozatban (<https://www.youtube.com/watch?v=5cP5RsnLZI>).

Nagypénteken hagyta itt családját, munkatársait, tanítványait, akik tisztelték és szerették Legoza tanár urat. Szomorú szívvel gondolunk most rá, aki 73. életévében távozott közülünk. Lelke nyugodjék békében, emlékét kegyelettel megőrizzük!

**Tarcali Gábor, Kövics György
és Szarukán István**

RÖVID TUDÓSÍTÁS A DR. NAGY BÁLINT TEREM AVATÁSRÓL, VALAMINT AZ EMLÉKTÁBLA KOSZORÚZÁSRÓL

Dr. Sípós Tibor, a Szabolcs-Szatmár-Bereg Vármegyei Kormányhivatal Agrárügyi Főosztály vezetőjének szervezésében 2025. május 28-án került sor a Nyíregyháza Kótaji út 33. számú cím alatt működő főosztály épületében lévő Dr. Nagy Bálint Terem ünnepélyes avatására.

A megjelenteket Román István, a Szabolcs-Szatmár-Bereg Vármegye főispánja köszöntötte.

Dr. Vajna László megemlékező előadását – egészségügyi okok miatti távollétében – dr. Pálmai Ottó, az Agrárkémizálási Társaság elnöke ismertette. A nagyon alapos előadás dr. Nagy Bálint életét mutatta be első hazai növényvédelmi szakos szakemberként, növényorvosként.

Dr. Szőke Lajos, Sz-Sz-B Megyei MGSZH Növényvédelmi Szolgálat nyugalmazott igazgatója szubjektív élményei alapján emlékezett meg a dr. Nagy Bálinttal történt több évtizedes szakmai együttműködés különböző időszakáról.

Dr. Sípós Tibor előadásában kitért arra, hogy dr. Kövics György több, kiváló hazai növényvédelmi szakember, így dr. Nagy Bálint munkásságát is megismerhetővé tette a mai fiatalok számára a Wikipédia mintegy 25 szócikkében.

Az előadásokat követően Román István alispán, dr. Sípós Tibor főosztályvezető, dr. Pálmai Ottó társasági elnök és Gábrriel Géza minisztériumi főosztályvezető a népes hallgatóság előtt felavatta a Dr. Nagy Bálint Termet.

A teremavatás után elutaztunk Gacsályra, dr. Nagy Bálint szülőfalujába, ahol Kecskés Szilvia, Gacsály Község Polgármestere és dr. Sípós Tibor főosztályvezető köszöntötte a megjelenteket.

Dr. Tarjányi József, a Magyar Gyomkutató Társaság elnöke az előadásában többek mellett hangsúlyozta, hogy dr. Nagy Bálint jól sáfárkodott az őrá bízott talentumokkal.



Gábrriel Géza, az Agrárminisztérium Növény- és Talajvédelmi Főosztályának vezetője előadásában beszélt arról, hogy dr. Nagy Bálint 10 évvel a halála után is igazodási pont.



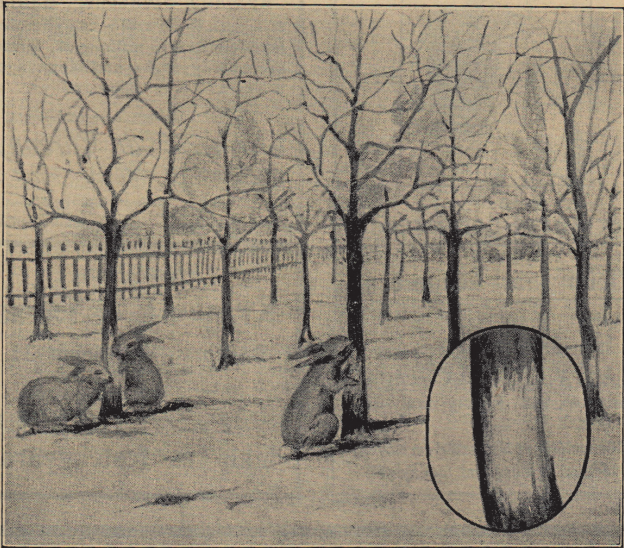
Dr. Nagy Bálint Emléktábláját megkoszorúzták az Agrárminisztérium részéről Gábrriel Géza főosztályvezető, valamint a Nébih részéről Várszegi Gábor és Szűcs Csaba igazgató urak.

Molnár János

FOLYÓIRATUNK MÚLTJÁBÓL

CSAKNEM 100 ÉVES NÖVÉNYVÉDELMI HIRDETÉSEK

Mondják, akár egy korszak jellemzői is lehetnek a hirdetések. Az 1930 körüli évfolyamok anyagából válogattam a csatolt szakmai tárlatot. Nem véletlen, hogy az egyik korabeli hirdetésről nem vágtam le megjelenésének dátumát. Az ebben megfogalmazott reklámszöveg – vagy inkább gondolat – ma nem kevésbé aktuális, bár időnként hajlandók voltunk és vagyunk elfelejteni. Kellemes nyári szórakozást!



Nyúlragás elleni szerről kérjen külön ismertetőt.

Chinoín mészkénlé
 folyékony alakban. Télen 100 liter vízben 20 kg.
 Nyáron 100 liter vízben 3 kg.

POLIBAR szilárd, poralakú rak-
 tározható mészkénlé.
 Télen 100 l. vízben 3 kg. Nyáron 100 l. vízben 1 kg.

A CHINOÍN növényvédelmi szerek a legolcsóbbak,
 hatásuk, megbízhatóságuk közismert.

CHINOÍN-ÚJPEST.



Eredeti

Vermorel-permetezők,

eredeti

„Grün“ háti kénporozók,

magasnyomású önműködő CALIMAX
gyümölcsfapermetezők, valamint
alkatrészek mindenkor kaphatók:

NAGY IGNAC cégnél

Budapest, VII., Károly király-út 9.

vagy

Földművelésügyi Minisztérium Növény-
védelmi és Forgalmi Irodájánál.

Paizstetű

az idén különösen az almagyümölcsön nagymértékben
elzaporodott és az almát exportra alkalmatlanná tette.

Levéltetű

az idén feltűnő módon nagy károkat okozott és szokatlan
mértékben sokasodott.

Miért?**Mert**

az elmúlt télen túlnyomólag az olcsó mészkénél permete-
zést alkalmazták a termelők. Ez a paizstetűt nem irtja oly
mértékben, mint az 5%-os **Enda-Neodendrin**.
A levéltetű petéit a mészkénél egyáltalában nem irtja.
Ezek után a többszöri drága nyári bórmeleg-permetezés
sem tudott kellően érvényesülni.

Gyökéres védekezés

szükséges az idén a tapasztalt bajok csökkentése miatt.

Ezt biztosítja:**ENDA-NEODENDRIN**

5%-os permeté.

Egérkár

gyümölcsösben és szántóföldön az idén igen nagy veszélyt jelent.

ARVALIN

biztos hatású.

„AGRO” Növényvédelmi és Mezőgazdasági R. T.
Budapest, IV., Hajó-utca 2.

Stephanesem nyomda r. t. Budapest, VIII., Szentkirályi-utca 28. — A nyomdát feloldó r. t. Václav Kramar

Rézgálic, Szénkéneg, Raffia
és minden egyéb szőlő- és gyümölcs-
favédelmi szer, műtrágyák, termé-
szetes trágyák, baromfitápanyagok
és az összes műtakarmányok.

Legelőnyösebben beszerezhetők:

Greiner és dr. Várkonyi

Budapest, IV., Múzeum-körút 5.

Telefon: Automata 867-00.

1930 december 15.

NÖVÉNYVÉDELEM

VII

MEGELŐZÉS**A LEGJOBB NÖVÉNYVÉDELEM!**

Műtrágyázva a növények

erőteljesebben és gyorsabban fejlődnek,
ezért kórokozóknak jobban ellenállnak,
azonkívül nagyobb és jobbminőségű termést
is érünk el, a műtrágyák tehát

közvetlen
jövedelmet hozó
védekező szerek.

SZUPERFOSZFÁT**MÉSZNITROGÉN****MÉSZSALÉTROM 1G.****LEUNASALÉTROM BASF (ammonsulfát salétrom)****NITROPHOSKA 1G.**

KAPHATÓ:

«SZUPERFOSZFÁT» MŰTRÁGYATERJESZTŐ
ÉS ÉRTÉKESÍTŐ R. T.-nál BUDAPEST, V., ÁRPÁD-U. 8.

Csak higanyos szerrel csávázzon!

ABAVIT

száraz,

KALIMAT

nedves

higanyos csávázó-szer, jobb
és olcsóbb mint a rézgálic.

Egyedárusítója a

MAGYAR MEZŐGAZDÁK SZÖVETKEZETE
Budapest, V., Alkotmány-u. 29.

Kirendeltségek: Debrecen, Szolnok, Győr, Szombathely, Lepsény, Nyiregyháza.

JOGSZABÁLYFIGYELŐ MOLNÁR JÁNOSTÓL NÖVÉNYVÉDELEMMEL KAPCSOLATOS – KIHIRDETETT – JOGSZABÁLYOK

- A Bizottság (EU) 2025/1075 végrehajtási rendelete (2025. június 2.) az (EU) 2022/1927 végrehajtási rendeletnek az *Aleurocanthus spiniferus* (Quaintance) károsító visszaszorítása céljából körülhatárolt területek jegyzéke tekintetében történő módosításáról
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202501075
- A Bizottság (EU) 2025/1076 végrehajtási rendelete (2025. június 2.) az (EU) 2022/1372 végrehajtási rendeletnek a *Meloidogyne graminicola* (Golden & Birchfield) Unióba történő bekerülésének, Unión belüli szállításának és elterjedésének, valamint szaporításának és kiengedésének megakadályozását célzó intézkedések alkalmazási időszaka tekintetében történő módosításáról
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202501076
- A Bizottság (EU) 2025/1078 végrehajtási rendelete (2025. június 2.) a *Calibrachoa* spp., a *Petunia* spp. és hibridjeik Guatemalából származó, ültetésre szánt, nem gyökeres dugványainak az Unió területére történő behozatala tekintetében az (EU) 2019/2072 végrehajtási rendelettel való eltérés bevezetéséről
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202501078
- A Bizottság (EU) 2025/1080 végrehajtási rendelete (2025. június 2.) az (EU) 2022/1659 Citrus sinensis Pers. Izraelből származó gyümölcsének az Unióba történő behozatalára vonatkozó egyenértékű követelmények alkalmazási határideje tekintetében történő módosításáról
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202501080
- A Bizottság (EU) 2025/1082 végrehajtási rendelete (2025. június 2.) a *Calibrachoa* spp., a *Petunia* spp. és hibridjeik Kenyából származó, ültetésre szánt, nem gyökeres dugványainak az Unió területére történő behozatala tekintetében az (EU) 2019/2072 végrehajtási rendelettel való eltérés bevezetéséről
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202501082
- A Bizottság (EU) 2025/1088 végrehajtási rendelete (2025. június 2.) az (EU) 2018/2019 végrehajtási rendeletnek az *Alnus cordata*, az *Alnus glutinosa* és az *Alnus incana* egyes, az Egyesült Királyságból származó, ültetésre szánt növényei tekintetében, valamint az (EU) 2020/1213 végrehajtási rendeletnek az említett ültetésre szánt növények Unió területére történő behozatalára vonatkozó növényegészségügyi intézkedések tekintetében történő módosításáról
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202501088
- A Bizottság (EU) 2025/1091 végrehajtási rendelete (2025. június 2.) az (EU) 2018/2019 végrehajtási rendeletnek a *Prunus* L. bizonyos, Moldovából származó, ültetésre szánt növényei tekintetében történő helyesbítéséről
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202501091
- A Bizottság (EU) 2025/1092 végrehajtási rendelete (2025. június 2.) az 540/2011/EU bizottsági végrehajtási rendeletnek az 1107/2009/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet értelmében jóváhagyott vagy jóváhagyottnak tekintett hatóanyagok jegyzékének naprakésszé tétele érdekében történő módosításáról
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202501092
- A Bizottság (EU) 2025/1152 végrehajtási rendelete (2025. június 11.) a kinolin-8-ol hatóanyag 1107/2009/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti, helyettesítésre jelölt anyagként történő jóváhagyásának meghosszabbításáról, valamint az 540/2011/EU és az (EU) 2015/408 bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202501152
- Az EGT Vegyes Bizottság 45/2025 határozata (2025. március 14.) az EGT-megállapodás I. mellékletének (Állat- és növényegészségügyi kérdések) és II. mellékletének (Műszaki előírások, szabványok, vizsgálatok és tanúsítás) módosításáról
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202501036
- A Bizottság (EU) 2025/1163 rendelete (2025. június 13.) a 396/2005/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet II., III. és V. mellékletének az egyes termékekben, illetve azok felületén található klórprofám, fuberidazol, ipkonazol, metoxifenozyd, S-metolaklór és trifluszulfuron megengedett szermaradék-határértékei tekintetében történő módosításáról
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202501163
- A Bizottság (EU) 2025/1164 rendelete (2025. június 13.) a 396/2005/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet II. és III. mellékletének a bizonyos termékekben, illetve azok felületén található ciantraniliprol, ciflumetofen, deltametrin, mefentriflukonazol, mepikvát és oxatiapirolin megengedett szermaradék-határértékei tekintetében történő módosításáról
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202501164
- A Bizottság (EU) 2025/1177 végrehajtási rendelete (2025. június 16.) a *Willertia magnaboli* előállított lizátum hatóanyagának az 1107/2009/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti, kis kockázatú hatóanyagként történő jóváhagyásáról, valamint az 540/2011/EU bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202501177
- Helyesbítés az (EU) 2022/1193 végrehajtási rendeletnek a *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) Yabuuchi et al. 1996 emend. Safni et al. 2014 károsítóval valószínűleg fertőzött vízre irányuló intézkedések, a vállalkozók által meghozandó intézkedések és az elvégzett felderítések eredményeinek jelentésére szolgáló sablon tekintetében történő módosításáról szóló, 2024. október 8-i (EU) 2024/2632 bizottsági végrehajtási rendelethez
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202509052

TARTALOM

<i>Nyéki Anikó, Neményi Miklós, Ambrus Bálint, Teschner Gergely és Kovács Attila József</i> Drónok és a mesterséges intelligenciára alapozott technológiák a fenntartható növényvédelemben	285
<i>Lepres Luca Annamária, Molnár Anna, Geiger Adrienn, Váczy Kálmán Zoltán és Geml József:</i> A szőlő és környezete közötti fitopatogén kapcsolatok	294
<i>Szőke Csaba, Szécsi Árpád és Magyar Donát:</i> Fuzariológia: a <i>Fusarium</i> nemzetség biológiája (9.)	304

Rövid közlemény

<i>Szeőke Kálmán:</i> Gondolatok a gamma bagolylepke (<i>Autographa gamma</i>) 2025. évi magyarországi fellépéséről	310
---	-----

Technológia

<i>Báskay Imre:</i> Gondolatok a beporzók védelméről	311
<i>Tóth Péter:</i> A méhmérgezések jellegének változása az elmúlt időszakban	317

Krónika

<i>Vásárhelyi Tamás:</i> 2025-ben az év beporzói a darázscincérek	323
---	-----

Botanika

<i>Solymosi Péter:</i> Dendrológiai utazás közeli és távoli tájakon (7.)	325
--	-----

Megemlékezés

<i>Tarcali Gábor, Kövics György és Szarukán István:</i> Emberorvos, aki a növényorvosok generációit oktatta, In memoriam: Dr. Legoza József c. egyetemi tanár (1952–2025)	327
<i>Molnár János:</i> Rövid tudósítás a dr. Nagy Bálint terem avatásáról, valamint az emléktábla koszorúzásáról	328

Folyóiratunk múltjából

<i>Eke István:</i> Csaknem 100 éves növényvédelmi hirdetések	329
--	-----

Könyvismertetés

<i>Kontschán Jenő:</i> Új, ismeretterjesztő kötet jelent meg a HUN-REN ATK Növényvédelmi Intézetben zajló kutatásokról	B/4
--	-----

Jogszabályfigyelő Molnár Jánostól	331
--	------------

CONTENT

<i>Nyéki, A., Neményi, M., Ambrus, B., Teschner, G. and Kovács, A. J.:</i> Drones and artificial intelligence-based management programmes for sustainable crop protection	285
<i>Lepres, L. A., Molnár, A., Geiger, A., Váczy, K. Z. and Geml, J.:</i> Phytopathogenic connections among grapevine and surrounding woody plants	294
<i>Szőke, Cs., Szécsi, Á. and Magyar, D.:</i> Fusariology: biology of the <i>Fusarium</i> genus (9)	304

Short communication

<i>Szeőke, K.:</i> Reflections on the 2025 mass reproduction of gamma hawkmoth (<i>Autographa gamma</i>) in Hungary	310
---	-----

Pest management programme

<i>Báskay, I.:</i> Reflections on the protection of pollinators	311
<i>Tóth, P.:</i> Changes occurred in the nature of bee poisonings in recent years	317

Chronicle

<i>Vásárhelyi, T.:</i> Wasp-mimicking longhorn beetles are the pollinators of the year in 2025	323
--	-----

Botany

<i>Solymosi, P.:</i> Dendrological journey in nearby and distant lands (7)	325
--	-----

In Memoriam

<i>Tarcali, G., Kövics, Gy. and Szarukán, I.:</i> A medical doctor educating generations of plant doctors, In memoriam: Dr. József Legoza honorary university professor (1952–2025)	327
<i>Molnár, J.:</i> Short report about the inauguration of the Dr. Bálint Nagy Room and the wreath-laying ceremony	328

From the past of our journal

<i>Eke, I.:</i> Almost 100 years of plant protection advertisements	329
---	-----

Book review

<i>Kontschán, J.:</i> A new, informative volume on research at the HUN-REN ATK Plant Protection Institute has been published	B/4
--	-----

Legislation review from János Molnár	331
---	------------

VILLÁNY TÉRSÉGÉBEN IS MEGJELENT A SZŐLŐ ARANYSZÍNŰ SÁRGASÁG BETEGSÉGE – FOKOZOTT VÉDEKEZÉSRE HÍVJA FEL A FIGYELMET A NÉBIH



A szőlő aranyszínű sárgaság betegséget okozó Grapevine flavescence dorée (FD) kórokozó jelenleg 12 vármegyében már igazoltan jelen van, 22 borvidékből pedig immár 15 érintett. Ugyanis elérte a Villányi Borvidéken található Harkány települést is. A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal felhívja a figyelmet a súlyos növényegészségügyi kárt okozó betegség és terjesztő vektora elleni védekezésre.

A történelmi jelentőségű Villányi Borvidéken található fehér- és kékszőlő fajták közül nagy számban fordulnak elő a szőlő aranyszínű sárgaság betegségekre fogékony fajták (pl.: Chardonnay, Sauvignon blanc, Cabernet sauvignon, Pinot noir). Így védelmük érdekében fontos a karantén besorolású fitoplazmás betegség tovább terjedésének megakadályozása.

A védekezés és a betegség terjedésének megállítása csak hatékony prevenciók intézkedésekkel valósítható meg, ezért a

Nébih felhívja a szőlősgazdák figyelmét a betegség súlyos növényegészségügyi és gazdasági kockázatára, valamint a terjesztő vektor, az amerikai szőlőkabóca elleni védekezéshez szükséges aktuális teendőkre. Az eddigi intézkedéseknek köszönhetően, az ország északi részén levő történelmi borvidékek továbbra is mentesek a kórokozótól.

Azoknak a szőlősgazdáknak, akik nem ellenőrzött szaporítóanyagot vásárolnak és használnak fel vagy elmulasztják a szőlőkabóca elleni védekezést, fokozottan számolniuk kell a károsító megjelenésének kockázatával. Amennyiben a károsító megjelenik, hatósági növényegészségügyi intézkedéseket von maga után.

A témában minden fontos információ elérhető a Nébih tematikus oldalán:

<https://portal.nebih.gov.hu/amerikai-szolokaboca>

ÚJ ISMERETTERJESZTŐ KÖTET JELENT MEG A HUN-REN ATK NÖVÉNYVÉDELMI INTÉZETÉBEN ZAJLÓ KUTATÁSOKRÓL

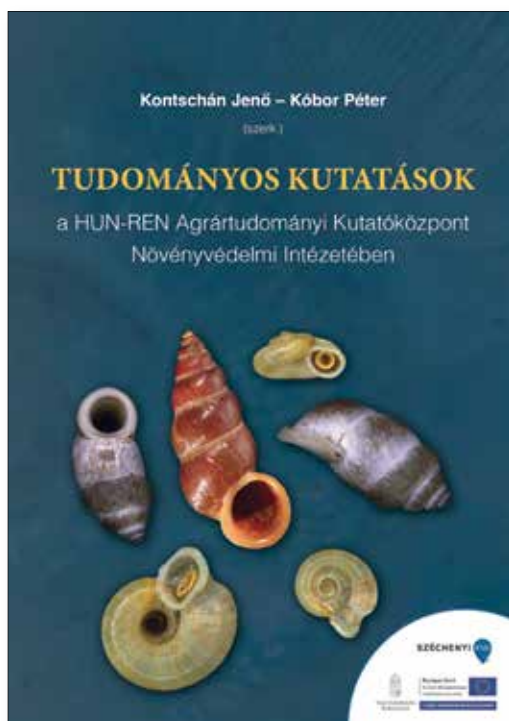
Kontschán, J. & Kóbor, P. (szerk.) (2025):

***Tudományos kutatások a HUN-REN
Agrártudományi Kutatóközpont
Növényvédelmi Intézetében***

Inform Kiadó és Nyomda, pp. 111.

Hús közérthetően fogalmazott dolgozatot olvashatunk a HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézete által most megjelentetett kötetben, amelyek vázát az elmúlt pár év kutatási eredményei adják. A kötet jelentős részében a növényvédelmi kutatások keretében vizsgált számos kórokozóval, kártevővel valamint ezek haszonnövényekre kifejtett hatásával kapcsolatos kutatások eredményeit mutatják be a szerzők. Egyes dolgozatok a növényvédelem határmezsgyéjét is átlépik, olyan eredményekről is olvashatunk, amelyek közvetlenül nem, de az egészséges környezettel (pl. növényvédelmi beavatkozások okozta környezeti terhelés) vagy a vizsgált szervezetekkel kapcsolatos alapismeretek (azonosítás, ökológiai sajátosságok) megszerzése irányából támogatják a növényvédelem tudományát. Így a dolgozatok tematikája rendkívül szerteágazó, de jól mutatja a HUN-REN ATK Növényvédelmi Intézetében folyó kutatások sokszínűségét.

A kötet felöleli a növényeket károsító vírusok, gombák és gombaszerű szervezetek, baktériumok, rovarkártevők, növényi bioaktív hatóanyagok és környezetbarát módszerek témakörét épp úgy, ahogy olvashatunk a ragadozó-zsákmány kapcsolat elméleti hátteréről és a csigaházak speciális morfológiájáról is.



A kiadvány bemutatja a HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézetében zajló kutatásokat, érzékelteti azok sokféleségét, és a benne olvasmányosan összefoglalt eredmények segíthetik a gyakorlati növényvédelemben dolgozók munkáját vagy egyszerűen csak új, máshol el nem érhető információval szolgálnak a körülöttünk levő világról.

A kötet az AGRÁR-TÁRLAT: A HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont digitális, klímaadaptív és erőforrás-hatékony agráriumot támogató programjai – VP1-1.2.1-23-3500232382 Bemutató üzemek fejlesztése” című pályázat támogatta.

A kötet az alábbi linkről letölthető:
https://atk.hun-ren.hu/wp-content/uploads/2025/05/Kontshan_Jeno_Kobor_Peter_Tudomanyos_kutatasok.pdf

Kontschán Jenő
HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézet