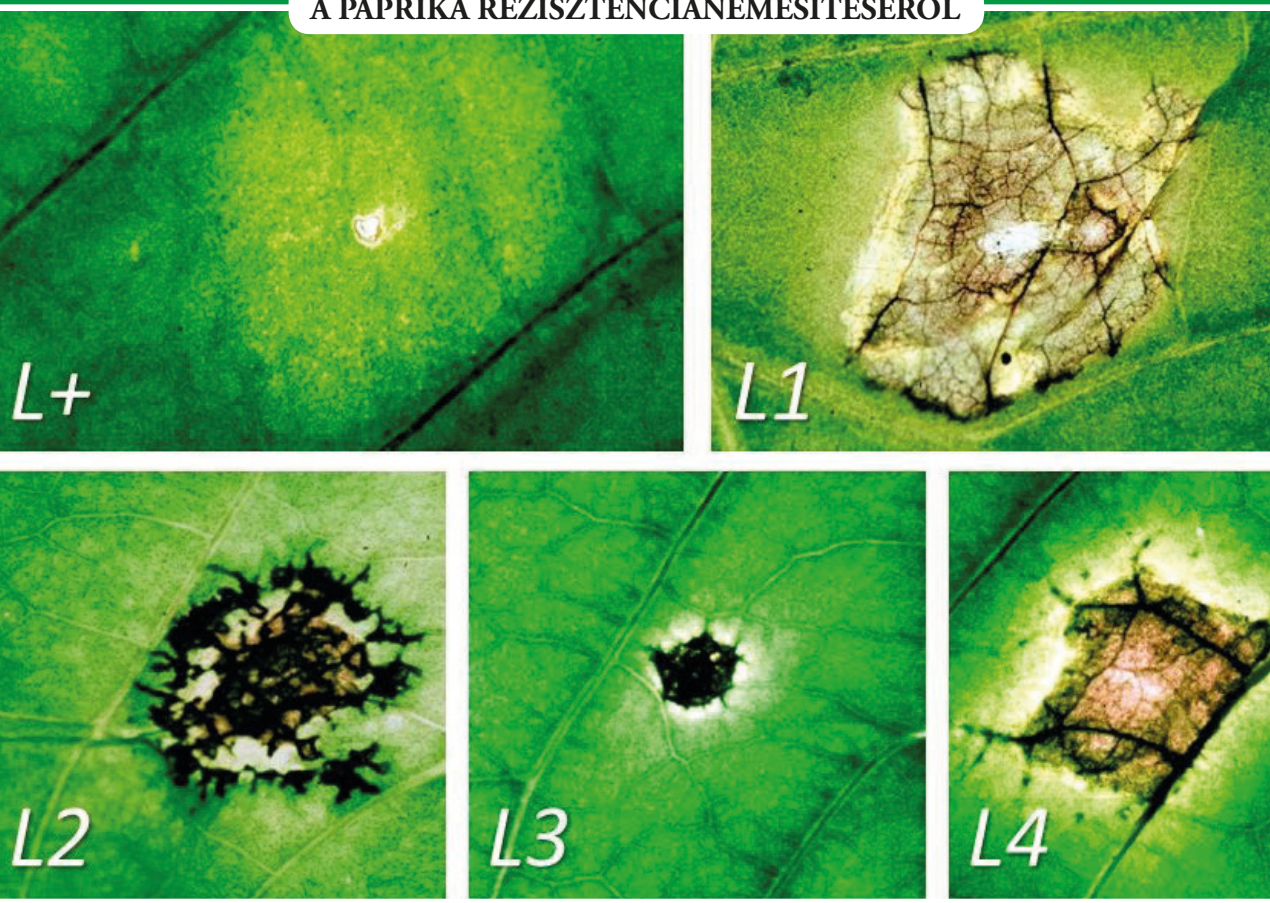
NÖVÉNYVÉDELEM

87 [N.S. 62] 11. szám • Az Agrárminisztérium tudományos lapja • 2026. november

A PAPRIKA REZISZTENCIANEMESÍTÉSÉRŐL



HERMAN OTTÓ INTÉZET NONPROFIT KFT

ATK NÖVÉNYVÉDELMI INTÉZET
HUN REN ATK

A KÖRNYEZETBARÁT NÖVÉNYVÉDELEMÉRT ALAPÍTVÁNY

NÖVÉNYVÉDELEM

Megjelenik havonként

Előfizetési díj a 2026. évre megegyezik a 2025. évivel:
15 000 Ft/év
A Növényorvosi Kamara és a Magyar Növényvédelmi Társaság tagjainak: 13 500 Ft/év
Diákoknak: 10 500 Ft/év. Mindegyikhez 4890 Ft/év postaköltség járul.
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)
Molnár János (jogszabályfigyelő, krónika)
Novák Róbert (gyomszabályozási technológia)
Petróczy Marietta (növénykórtan)
Ripka Géza (rovartan, akarológia)
Szőcs Gábor (rovartan, kémiai ökológia)

A Szerkesztőbizottság munkáját segítik:
Balázs Klára (tanácsadó)
Dancsházy Zsuzsanna (angol nyelv, Alapítvány)

Szerkeszti: Szerkesztőbizottság

Szerkesztőség:
Levelezési cím: 1116 Budapest, Fehérvári út 132.
Postacím: 1518 Budapest, Pf. 154.
E-mail: balazs.klara@atk.hun-ren.hu

Felelős kiadó: Füredi Kornél
a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. ügyvezetője

Kiadó:
A Környezetbarát Növényvédelemért Alapítvány
Levelezési cím: 1116 Budapest, Fehérvári út 132.
Postacím: 1518 Budapest, Pf. 154.

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 számlájára.

ISSN 0133–0829

Készítette az INFORM Kiadó és Nyomda Kft.
Felelős vezető: Bolyki István
2026/32

PLANT PROTECTION

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 címét a 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 kézirathoz 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

A paprika TMV rezisztenciát okozó L gén L+, L1, L2, L3 és L4 alléljainak hiperszenzitív tünetei „egy léziós" módszerrel fertőzött paprika leveleken

Fotó: Csilléry Gábor

Kapcsolódó cikk: 477. oldal

COVER POHOTO

Hypersensitive symptoms of the L+, L1, L2, L3 and L4 alleles of the L gene conferring resistance to pepper TMV on pepper leaves infected by the "single lesion" method.

Photo by: Gábor Csillér

Related article: p. 477.

VISSZATEKINTÉS A PAPRIKA REZISZTENCIANEMESÍTÉS ELMÚLT SZÁZ ÉVÉRE

ÚJ KORSZAK KEZDŐDIK

Csilléry Gábor

PepGen Kft. 1114 Budapest, Bartók B. út 41.
E-mail: csillerygabor48@gmail.com

A Solanaceae család két fontos élelmiszernövénye a burgonya és paradicsom mellett a friss zöldségként és fűszerként is fogyasztott paprika jelentős kultúrnövényünk. A hatalmas géntartalékot jelentő 30–35 vad Capsicum *faj közül Dél-Amerika őslakosai 5 fajt köztük a mai ember számára legismertebbet, a* Capsicum annuum *fajt is termesztették és fogyasztották. A paprika számtalan kórokozója és kártevője ellen védelmet biztosító rezisztencianemesítés a vad fajok génkészletének felhasználásával több, mint száz éve kezdődött. Számtalan, köztük magyar kutatók munkájának is köszönhetően, világra szóló eredmények is születtek. Jelenleg egy korszakhatáron vagyunk, új korszak kezdődik a növénynemesítésben, ami más módszerek és különösen a mesterséges intelligencia alkalmazását jelenti.*

Kulcsszavak: *Capsicum,* Tobamovírus, *Xanthomonas, Leveillula, Meloidogyne,* rezisztencia, korszakhatár

Őseink a gyűjtögető életmód során megfigyelték a nagyobb, édesebb, ízletesebb gyümölcsű növényeket, az azokról gyűjtött termést fogyasztották, magjukat elszórták, amit később a fejlettebb civilizációk „nemesítői” egyre magasabb szinten folytattak. Több kultúrnövény, így a paprika termesztése, fogyasztása és nemesítése 5–6000 éves múltra tekint vissza. Új lendületet vett ez a folyamat 16. században, amikor Európába, később Magyarországra is eljutott a paprika. A tudatos nemesítés és kutatás a 19–20. században, a Szeged környéki fűszerpaprika tájfajták szelekciójával, a csípősségmentesség felfedezésével kezdődött. A vastagabb húsú, friss fogyasztásra alkalmas, már zöldségnek nevezett tájfajták és nemesített fajták szabadföldi és üvegházi/fóliás termesztése egyre több kórokozó és kártevő terjedését eredményezte, ami a hatvanas évektől új korszakhatárt, a rezisztencianemesítést indította el. A magas fokú betegségellenállóság magasabb szintű minőségi követelményekkel párosult, ami egy újabb korszak, a hibrid fajták iránti igényt eredményezte. Az újabb kórokozók és az eddig ismertek agresszívabb, rezisztencia törő típusainak megjelenése, az abiotikus stresszek fokozódása és a nemesítési tartalékok elérhetőségének beszűkülése miatt a molekuláris módszerek, a marker-asszisztált szelekció (MAS) és a mesteréges intelligencia alkalmazásával napjainkban a legújabb korszak kezdetének lehetünk részesei.

A burgonyafélék és a paprika

Az emberiség növényi táplálékforrásai közül az egyszikű gabonafélék különböző fajai a szubarktikus zónától délre bárhol termeszthetők, ezért elsődlegességük vitathatatlan. A kétszikűek közül a burgonyafélékhez tartozó fajok a legjelentősebb táplálékforrásaink, de pillangósvirágú fajok, a rózsafélék családjába tartozó gyümölcsök, a keresztesvirágúak hatalmas fajgazdagságuk miatt világélelmezési szempontból jelentősek.

A burgonyafélék névadó faja a burgonya fontos tápanyag és vitamin forrás, de a paradicsom és a padlizsán, valamint tanulmányunk növényfaja a paprika, étrendi hatása kiemelkedő. Élvezeti cikként a dohányt, valamint számos gyógynövényt kell megemlíteni. A paprikanemesítés és termesztés helyzetének és jelentőségének megértéséhez egy rövid összefoglalóban ezekről a fajokról is szólni kell.

Burgonya

A burgonyafélék nevét adó étkezési burgonya faj, a *Solanum tuberosum* L. jelentősége vitathatatlan. A világ éves burgonya termése 300 millió tonna, vagyis nagy mennyiségben termeszthető és jól tárolható növényi fehérje forrás, valóban „népélelmezést" biztosító növény. A burgonyafajok géncentrumában, őshazájában Peruban és Chilében, de más dél-amerikai országban is, a *Solanum tuberosum* tetraploid faj mellett, több mint száz diploid, triploid, sőt hexaploid faj is ismert. Ez a fajgazdagság hatalmas lehetőséget és egyben nehézséget jelent a burgonya nemesítőknek. A burgonya több kórokozó és kártevő gazdanövénye. A burgonya fajtákat nem magról, hanem vegetatív módon szaporítják, ami különösen kedvez a kórokozók fennmaradásának, terjedésének, de ma már magról termeszthető F1 hibrid fajták is léteznek.

Paradicsom

A paradicsom *Lycopersicon esculentum* L. őshazája szintén Dél-Amerika. Jelenleg 13 vad faja ismert, amelyek komoly genetikai és nemesítési forrást jelentenek. A paradicsom, mint a növénygenetika egyik ismert modell növénye, számtalan kutatási terület iskolapéldája. A paradicsom kutatás során több száz tulajdonságot meghatározó gént és mutációt írtak le. A paradicsom az egyik olyan növényfaj, amely némi túlzással szinte minden növényi kórokozónak gazdanövénye és ez a kör ma is folyamatosan bővül. Például ilyen a közelmúltban megjelent paradicsom barna termés-ráncosodás vírus ToBRFV. Az üvegházi termesztés térhódításával teljesen új, különleges alakú, méretű, színű és édesebb ízű típusok kerültek köztermesztésbe, ami a friss paradicsom fogyasztás népszerűségét növelte.

Egyéb fajok

A burgonyafélékhez tartozó növényfaj a padlizsán vagy tojásgyümölcs (*Solanum melongena* L.), amely bolgár közvetítéssel került hazánkba és mára kedvelt zöldségnövény lett. A gyógy- és dísznövények, valamint az élvezeti növények közül a serkentő hatású nikotin alkaloidot tartalmazó dohány (*Nicotiana tabacum* L.) a legismertebb. A 79 dohányfaj géncentruma szintén Dél-Amerika (Bolívia, Peru, Argentína). Egészségkárosító hatása ellenére hatalmas üzleti érdekek fűződnek termesztéséhez. A növényvirológiai kutatásokban alapvető fontosságúak voltak a különböző dohány fajok. A növényi vírusok meghatározását a növényi bioteszt módszer helyett ma már gyorsabb és megbízhatóbb módszerek váltották fel. A növényi biotechnológiai kutatás számára is fontos növény, hiszen többek között a növényi sejtkultúra módszerét, a sejtből növény regenerálás lehetőségét is a dohányon dolgozták ki.

Néhány gondolat a téma felvetése kapcsán

A bevezetőben említett burgonya, de különösen paradicsom bemutatásával az volt a cél, hogy viszonyítási lehetőséget biztosítsunk a szintén dél-amerikai eredetű paprikakutatás sikereivel, eredményeivel.

A nemesítési folyamat kulcskérdése ma a génforrások. Korábban egyszerűen lehetett nemzetközi magcsere útján a nemzeti génbankokból, a paprika esetében az USDA, INRA, Gatersleben, Wageningen, VIR, Tajvan génbakjából tételeket beszerezni. Ma szükség lenne egy nemzetközileg támogatott génforrás gyűjteményre, amely biztosítaná a tételek fenntartását, annak anyagi fedezetét és a tulajdonviszonyokat.

A paprika erősen öntermékeny növény, bár az idegenbeporzási adatok 5–10% körüli értékekről szólnak, a nemesítési vonalak izolálása indokolt. A klasszikus módszerekkel dolgozó paprikanemesítő elődök, a tájfajtákból egységes fajtákat szelektáltak, öntermékenyítéssel előállított olcsó vetőmaggal látták el a termelőket. Az új tulajdonságok, különösen a rezisztencia gének beépítése hatalmas költséggel járt, indokolt volt a fajtavédelem biztosítása. Erre az F1 hibridek bevezetése volt a legjobb megoldás, ami egyben kiegyenlítettebb, magasabb minőségű fajtákat eredményezett. A klasszikus „kasztrálásos" hibridmag termesztési módszert

az egy vagy több hímsteril gén együttes alkalmazása vagy a citoplazmás hímsterilitás használata könnyebbé tette a magtermesztést, de az anyavonalak fenntartása komoly szaktudást igényelt, ezért nem terjedt el. Ma a világ hibridmag szükségletét olcsón megtermelő ázsiai, afrikai országai is munkaerő gonddal küzdenek, vagyis a hímsterilitásra a jövőben még szükség lehet. Az első hímsteril anyával (*ms509* gén) készült magyar hibrid után a megbízhatóbbnak bizonyult *ms3* gént tartalmazó hímsteril anyával több tobamo *L3* rezisztens fajta készült (Rapires F1). A növényegészségügyi rendszabályokat a megrendelő, termeltető országok, de a hibridmagot termelő országok is indokolt módon szigorítják, ami változást hozhat. A magtermeltetés bizalmi kérdés. A több éves nemesítési munkával előállított, rezisztenciákat és gazdasági értéket tartalmazó, esetleg dihaploid (DH) módszerrel egységessé tett szülővonalak kiadása a nemesítő cégnek mindig kockázatos. A szülővonalak tulajdonosainak aggodalma indokolt, a vonalak eltulajdonítása sajnos nem ritka eset. Ha sorba vesszük azokat a legmodernebb és költséges nemesítési módszereket, amelyekről a paradicsom és paprika esetében olvashatunk, akkor az aggodalom még jogosabb.

Itt kell megemlíteni azt a nemesítők által biztosnak vélt tényt, amely szerint a dihaploid (DH) vonal örökre teljes egységességet biztosít. Ez a tétel csak részben igaz, mert nem szabad elfelejteni, hogy az élővilágban semmi sem állandó, hanem folyamatosan változik. Hiába állítunk elő genetikailag teljesen egységes növényt, amelynek magutóda is hasonlóan egységes, de ez az állandóság csak illúzió. A gödöllői DH labor vezetője, Mitykó több évtizedes munkássága során, több ezer DH növényt állított elő (Mitykó és mtsai 1994, 1995). A DH növények között nagyon ritkán, de spontán módon, akár már szikleveles korban könnyen felismerhető fenotípusú mutánsok (letális albínó, sárga levelű) is keletkezhetnek. Ez ékes bizonyíték arra, hogy az élővilágban semmi sem állandó, hanem folyamatosan változik. A nem látványos fenotípus változást érintő egyéb mikromutánsokról nem is beszélve, amelyek hatása csak később, vagy sohasem ismerhető fel.

Más okok is indokolják a gyökeres szemléletváltást a nemesítési folyamatokban. A legtöbbet emlegetett, a Föld bármely pontján, mindenki által folyamatosan tapasztalható jelenség a klímaváltozás, amely szélsőségekben nyilvánul meg. Olyan eddig kevésbé kutatott, összetettebb, kvantitatív tulajdonságokat kell vizsgálni, mint a szárazságtűrés, különösen a légköri szárazság tűrése, a hideg- vagy melegtűrés, a levélfelület színe és fényessége, a sztómák aktivitása, a pollen életképessége, a terméskötődés biztonsága, az adott termesztő közegben hatékonyan működő gyökértípus. Új fogalom a humán tudományokból átvett reziliencia, ami valójában semmi újat nem jelent, de hangzatos, hiszen a növény termőképessége köztudottan erősen függ attól, hogy mennyire képes alkalmazkodni a változó körülményekhez.

Capsicum nemzetség fajai és fajhibridjei

A paprikafajok őshazája is Dél-Amerika és Közép-Amerika. A *Capsicum* nemzetség géncentruma Bolívia (La Paztól délre Cochabamba és Sucre körzetében), de jelentős a fajgazdagság Peruban és Braziliában is. A *C. annuum* kialakulásának feltételezett géncentruma Mexikó. A ma ismert 30–35 faj közül az őslakos, magas kultúrájú népek (maják, kecsuák, inkák stb.) 6000 éves múltuk során a burgonyával, paradicsommal együtt fogyasztották, termesztették, sőt nemesítették a *C. annuum, C. chinense, C. frutescens, C. pendulum* és *C. pubescens* fajokat. A *C. annuum* faj kivételével valamennyi vad faj trópusi, szubtrópusi égövből származik, ahol csak 12 órás a nappalhosszúsága (rövid nappalosság), vagyis hosszabb nappal esetén (hosszú nappalosság) nem, vagy csak alig virágoznak, alig kötnek termést. A nappal hosszúságra nem minden tétel érzékeny, amit a *Capsicum* fajgyűjtemény fenntartása során figyelembe kell venni, mert a rövid nappalos tételek csak nyár végén virágoznak, kötnek termést. A dél-amerikai piacokon gyakran árusítják az 5 termesztett faj helyi változatait, de a géncentrum országaiban az apró bogyójú „*botanikai"* fajokat is. Éttermekben a barna magvú, kellemesen csípős ízű, piros, sárga vagy barna színű *C. pubescens* sem ritkaság.

Kolumbusz nem találta meg az indiai bors hazáját, de hajóorvosa Chanca feltehetően felismerte a paprika csípősségében rejlő lehetőséget és több faj magját hozta magával. A nehezen beszerezhető bors helyett a csípős íz és talán a borshoz hasonlónak vélt fertőtlenítő hatás (piperin) pótlására kezdődött el a *C. annuum* faj termesztése Európában. A melegebb éghajlatú ázsiai és afrikai gyarmati országokban az apró bogyójú *C. annuum* mellett a *C. chinense*, a *C. frutescens*, és a *C. baccatum* var. *pendulum* nappal hosszúságra alig érzékeny típusai terjedtek el.

Korábban a *Capsicum* nemzetségbe csak olyan fajokat soroltak a botanikusok, amelyek termése csípős volt, vagyis tartalmazta a kapszaicin alkaloidot, de újabban csípősségmentes fajok (*C. regale, C. rhomboideum*) is leírásra kerültek. A csípős ízért felelős alkaloid fő komponense a *kapszaicin* és kisebb részben a *dihidrokapszaicin*. A paprika hazai ismertsége és terjedése török és bolgár közvetítéssel a 18–19. században Szeged és Kalocsa környékén kezdődött és mára a fűszerpaprika lett a magyar konyha elmaradhatatlan eleme. A kezdeti vékony húsú, csípős fűszer típusok mellett később, a XX. század elején megjelentek a vastagabb húsú, friss fogyasztásra alkalmas, zöldségként fogyasztható típusok, mint a zöld Kalinkói, az Angeli Lambert által nemesített csípősség mentes, fehér/vajsárga bogyószínű Cecei, vagy a paradicsom alakú fajták. A szelekciós nemesítés is az ország melegebb déli részein, a bolgárok által honosított öntözéses termesztési kultúrával párhuzamosan kezdődött. Paprika kutató intézmények Szegeden, Kalocsán, Szentesen, majd Budatétényben, Soroksáron, Keszthelyen és Debrecenben alakultak ki.

A vad fajok, mint a betegségellenállóság génforrásai minden termesztett növényfaj esetében egyre fontosabbak lettek. Ezt felismerve a vad *Capsicum* fajok nemzetközi, első sorban amerikai és francia génbankból történő összegyűjtése, tanulmányozása az 1970-es években a Kertészeti Kutató Intézet (KKI) budatétényi állomásán, Andrásfalvy András kezdeményezésére indult el. Az újonnan megjelent kórokozók és kártevők, de különösen a már korábban ismertek újabb, agresszívebb változatai nagy lendületet adtak a kutatásnak. Az irodalmi adatok, de főleg saját tapasztalatok alapján bebizonyosodott, hogy a fehér virágú *Capsicum annuum* faj sikeresen keresztezhető a másik három fehér virágú fajjal. A *C. annuum* × *C. chinense* és a *C. annuum* × *C. frutescens* fajhibridekben eleinte bizonyos fokú fertilitás csökkenés volt tapasztalható, de az elmúlt 40–50 évben folytatott visszakeresztezéseknek és szelekcióknak köszönhetően a fertilitás teljesen helyreállt. Nem kis büszkeséggel mondhatjuk, hogy a ma termesztett jelentősebb fajták, de főleg az F1 hibridek szinte kivétel nélkül tartalmaznak ebből a két fajból, de különösen a *C. chinense* fajból származó rezisztencia géneket, vagyis fajhibrid eredetűek. A *C. annuum* a másik fehér virágú *C. chacoense* fajjal is keresztezhető, de jelentős fertilitási gondok voltak/vannak. Ennek a részleges sterilitásnak és termőképesség-csökkenésnek a genetikai okait többen vizsgálták, vizsgálják, de megnyugtató válasz mai napig nincs. Ezekre a fajhibridekre nagyon nagy szükség van, hiszen a *C. chacoense* faj egyes tételei a legagresszívebb tobamovírus a PMMoV és a *Xanthomonas vesicatoria* baktériummal szemben ellenállóságot biztosító gének (*L4* és *Bs2*) és míg ki tudja milyen, eddig ismeretlen gének hordozója. Érdekes, hogy a *Xanthomonas* rezisztenciáért felelős *Bs2* gén forrása szintén *C. chacoense* faj egy tétele. A 60-as években készült első hibridek, majd California Wonder típusú vonalakkal többször visszakeresztezett fajták a kezdeti 20–30 év során, a csökkent termőképesség, apróbb termés mérete miatt nem terjedtek el, de mára, közel 60 év után (!) már jó termőképességű és bogyóméretű F1 hibrid fajták vannak. Az is igaz, hogy a *Bs2* rezisztens fajtákat szabadföldön termesztik, ahol nagyobb az esély a fertilis pollen képződésre, míg az *L4* rezisztens fajtákat zárt termesztőberendezésben, akár a téli fényszegény időben is termesztik.

A fehér pártájú, de sárga torokfoltú *C. baccatum* var. *pendulum* minden paprika genetikus és nemesítő fantáziáját izgatja. Ennek közeli rokona a *C. praetermissum* (jelenleg elfogadott neve *Capsicum rabenii*) szintén torokfoltos, de már enyhén lila színű a pártája. A vékony szárú, és elfekvő bokrú *C. eximium, C. cardenasii* és *C. tovarii, C. flexuosum* fajokat

csak azért kell megemlíteni, mert egy elvileg létező fajhibrid programban így lehetne eljutni a legizgalmasabb termesztett faj, a barna magvú *C. pubescens* génkészletéhez. Az eddig végzett kórtani tesztek pontosan ezekben a lila virágú és más, csak botanikai gyűjteményekben meglévő ritka fajokban sejtetik a jövő rezisztencia forrásait. Csilléry, Saccardo és Andrásfalvy (1989) programterve szerint a C. *annuum* × *C. chinense* és a *C. chacoense* × *C. frutescens* hibridet kellene egymással keresztezni, majd azokat a *C. baccatum* fajjal, azok utódait pedig a *C. praetermissum* fajjal, majd azok utódait a *C. eximium, C. cardenasii* fajokkal, végül ezeket lehetne a *C. pubescens* fajjal keresztezni (Csilléry és mtsai 1989). A fajhibrid program egy része, a 70-es években elkészült, de az akkori kutatási „aranykor" programja nem folytatódott, a hibridek azóta elvesztek. Ez a több lépéses, a genetikai állományt erősen fellazító program sajnos csak terv maradt, de az újabb kórokozó és kártevő inváziók és környezeti hatások miatt valószínű, előbb, vagy utóbb a modern módszerekkel meg kell valósítani. A téma nehézségét jelenti mindjárt az első lépés, amikor a fehér virágú fajokat kell keresztezni a torokfoltos *C. baccatum* fajjal. Andrásfalvy egy *C. annuum* Jalepeno tételt sikeresen keresztezett *C. pendulum* fajjal. Az ebből a keresztezésből származó, fenotípusos markereket tartalmazó vonalakkal többször visszakeresztezett, nemesítési vonalakon kívül nem ismert egyetlen tétel vagy fajta sem, amely a *C. annuum* × *C. baccatum* fajhibridből származik, virága sárga torokfoltot okozó *Ysf* gént tartalmazza. A legjobb lisztharmat (*Leveillula taurica*) rezisztenciát biztosító *Lt* gén Murthy és Deshpande (1997) közlése alapján a *C. baccatum* fajból származik, de az *Ysf* tulajdonságról nem tesznek említést.

Kórokozókkal szembeni ellenállóság

A paprikát minden kórokozó csoport képviselői, vagyis a vírusok, a baktériumok és a gombák általánosan ismert és elterjedt fajai megbetegíthetik, vagyis a paprika a paradicsomhoz közel hasonlóan gazdanövényük lehet. A vírus tünetek meghatározás komoly szakmai és technikai felkészültséget igényel. „Ránézéses" alapon nem szokás és szakmailag felelőtlenség vírust meghatározni, annak ellenére, hogy számtalan esetben szinte egyértelmű a tünet. A vírus meghatározásnak több módszere ismert a klasszikus tesztnövény módszertől a gyorsabb ELISA, PCR, valamint az *újgenerációs szekvenálásos (NGS)* módszerig. A tünetes növényről begyűjtött, meghatározott, tisztított, felszaporított és ismert mennyiségű („töménységű") vírus részecskéket tartalmazó inokulummal lehet tesztelni az adott növény vírussal szembeni ellenállóságát/fogékonyságát. A klasszikus, jól bevált módszer alapján a fiatal, jól kiterült sziklevelű paprika növények alkalmasak a vírus ellenállóság/fogékonyság tesztelésére. Üveg spatulával, ujjal vagy ecsettel a „Celite" abrazívummal beszórt sziklevélre kent inokulum hatására felületi mikrosérülések keletkeznek és a vírus bejut a szövetekbe és ott kifejti hatását. Az inokulálást követő hőmérséklet az egyik legfontosabb tényező, de a megvilágítás erőssége, sőt az inokulálást követően a teljes sötétben tartás, vírusonként változó, ezért a sikeres paprika vírusteszt egyik kulcsa. A hiperszenzitív rezisztencia tünete gyakran látványos szövetelhalással, sziklevél hullással indul, míg a fogékony növényekben a vírus szisztemizálódik. A vírus tesztet normál üvegház esetén tavaszra vagy őszre ajánlatos időzíteni, mert a nagy melegben, akár 48 órán belül kialakulhatnak a tünetek, de a napi megfigyelés elengedhetetlen. Klimatizált körülmények esetén a tünetek megjelenése jobban tervezhető. A nem hiperszenzitív típusú rezisztenciák esetében (CMV, PVY) a tünetek megjelenése lassabb, de szisztemikus tünet néhány hét után akár szárelhalással is társulhat.

Elgondolkodtató a növények gazda-patogén kapcsolatában kialakult válaszreakciók kialakulása is. Ilyen jellegű ismereteink csak a paprikára korlátozódnak. Kérdés, hogy miként és miért alakultak ki olyan védekezési mechanizmusok az adott kórokozókkal szemben, amelyek nagy valószínűséggel a növényfaj evolúciója során a növényfaj géncentrumában nem is voltak jelen, vagyis nem alakulhatott ki a gazda-patogén kapcsolat. Legjobb példa erre a paprika *Xanthomonas* rezisztenciát okozó *Bs2* gén esete.

A száraz klímájú argentin pusztán (pampa seca), ahol a *C. chacoense* faj géncentruma van, ott a kórokozó ma sincs és feltehetőleg soha nem is volt jelen, mégis a *Bs2* gén egyetlen forrása a *C. chacoense* faj. Folytathatjuk a kérdésfeltevést a *C. chacoense* faj egy másik tételében felfedezett rezisztenciagén, az *L* gén *L4* alléljával. A kérdés itt is, hogy milyen tobamovírus nyomás hatására alakult ki az *L4* allél, amely jelenleg a legmagasabb szintű tobamo rezisztenciát biztosítja. Az ismert rezisztenciaforrásokat tartalmazó *C. chinense*, *C. frutescens* és részben a *C. baccatum* fajokban miért alakultak ki a kórokozó fertőzésre *hiperszenzitív* reakcióval válaszoló, a tobamo- *(L2, L3)* és tospo- *(Tsw)* rezisztenciáért felelős gének, allélok? Miért csak a *C. chacoense* fajban találjuk meg az *L4* allélt vagy a *Bs2* gént és miért nincs a genetikai és talán evolúciós értelemben alig távolabb álló *C. chinense* és *C. frutescens* fajokban? Egy másik hipotézis alapján nincs semmiféle gazda-patogén kapcsolat, egyszerűen számtalan olyan gén van, amelynek hatását csak valós gazda-patogén kapcsolat esetén ismerhettük meg. Legnagyobb valószínűséggel az feltételezhető, hogy a háttérben nem is gazda-patogén kapcsolat, hanem a gazdanövény és a kórokozó közötti biokémiai, élettani reakciót találtunk meg, ami hiperszenzitív reakcióban nyilvánul meg. Talán nem is olyan nagy túlzás akár azt állítani, hogy csak a véletlennek köszönhető a kórokozó és az arra adott „hiperszenzitív rezisztencia" válaszreakció egybeesése. A hiperszenzitív reakciók egyébként közel sem olyan gyakoriak, mint azt néhány kiragadott eset alapján feltételezzük, sőt nagyon is ritkák! Gyakorlati hasznuk viszont teljesen egyértelmű, hiszen gyorsan felismerhető válaszreakciót adnak, kevés, gyakran domináns öröklődésű gén határozza meg működésüket, de pont ezért használatuk veszélyt is jelent, hiszen *„törékeny"* tulajdonságok (RB izolátumok).

A hiperszenzitív reakción alapuló rezisztencianemesítés kapcsán meg kell említeni a *Xanthomonas* rezisztencia kutatása során Szarka és Csilléry (1995) által felfedezett nem hiperszenzitív reakciót okozó, recesszív *gds* gént és GDR mechanizmusok szerepét a rezisztencia nemesítés távlati céljaiban.

Kórokozók terjedése maggal

A kórokozók maggal történő terjedésének lehetősége a vetőmag forgalmazó cégek számára „rémálom". Bizonyítottan kórokozóval fertőzött mag forgalmazása esetén hatalmas összegű kártérítési perek ismertek. A magátvitel lehetőségének csökkentésére, kizárására több magkezelési eljárás ismert. Leggyakoribb eset a mechanikai úton terjedő tobamovírussal, illetve a *Xanthomonas* baktériummal fertőzött mag kórokozó mentesítése. Visszatérő kérdés, hogy a kórokozó csak a mag felületén van, vagy a maghéjon átjutott az endospermiumba Tóbiás és mtsai (2016). A kórokozótól függően – vírus vagy baktérium – a nátrium-hidroxidos, triszodium-foszfátos, nátrium-hipokloritos, sósavas kezelések viszonylag hatékonyak. Bármennyire is biztosnak mondhatók ezek a módszerek, ha a drágán előállított, de fertőzött vetőmag csávázásának hatékonysága bizonytalan, akkor a per elkerülésére a megsemmisítés a „legbiztosabb módszer".

Vírusok

Közel 100 éve Amerikában figyeltek fel a paprikát károsító vírusokra. Akkor a tobamovírusok okozták a legnagyobb gondot, de ma is első számú kórokozónak tekinthetők. A paradicsom bronzfoltosság vírus (TSWV) a második legjelentősebb kórokozó, főleg a rezisztencia áttörő törzsek megjelenése miatt. Az uborka mozaik vírus (CMV) „státusza" változó, mert levéltetvek elleni hatékony szerek megjelenése az elmúlt évtizedekben a kártételét háttérbe szorította, de ma ezen szerek betiltása miatt az ellene folyó rezisztencianemesítés kulcsfontosságú. Negyedikként a burgonya Y vírus (PVY) említhető, aminek magyarországi kártétele nem súlyos, évente változó mértékű, de világszinten nagyon jelentős kórokozónak számít. Virológusok még említik a lucerna mozaik vírus (AMV) és több, Magyarországon még szerencsére kis jelentőségű vírust.

Tobamovírusok elleni rezisztencia

A harmincas években az amerikai dohányültetvényeken torzult és mozaikos leveleket figyel-

tek meg. A tünet okozója a dohány mozaik vírus (TMV) volt. A dohányban dolgozó munkások a másik két *Solanaceae* családba tartozó fajban, a paprikában és paradicsomban is dolgoztak, így hamarosan ott is megjelent a vírus. Kiderült, hogy az emberek kezén is életben marad a vírus, sőt mechanikai úton is terjed. Holmes 1934-ben a *Nicotiana glutinosa* L. fajban felfedezett hiperszenzítív tünetet okozó *N* génje megbízható rezisztenciát eredményezett, amit a *N. tabacum* termesztett fajtáiba beépített, ezzel csökkentve a vírusnak dohányból paprikára, paradicsomra terjedésének esélyét. Holmes (1934, 1937) a *C. frutescens* cv. Tabasco*,* majd a *C. annuum* cv. Long Red Cayenne tételeit tesztelve a vírusfertőzött növényen hiperszenzitív reakciót figyelt meg. A tételek és hibridjeik tüneteinek elemzése alapján a rezisztenciagén három alléljét írta le, amelyek közül a cv. Tabasco eredetű *L* allél teljesen lokalizálta, meggátolta a vírus terjedését, a Long Red Cayenne eredetű l^i allél (nem teljes, imperfect) késlelteti a nekrotikus tünet kialakulását, az *l* allél az érzékeny genotípust jelölte. A dohányban és paprikában felismert *L* jelű rezisztencia géncsalád az első ismert ilyen típusú növényi tulajdonság. Holmes a genetikai elemzései során a *C. frutescens* cv. Tabasco fajjal készített hibridekről is említést tesz, de valószínű, hogy a fajhibrid steril volt ezért a rezisztencia nemesítést a *C. annuum* fajból származó l^i allél felhasználásával folytatták és készültek el a TMV rezisztens California Wonder típusú fajták. 50 évvel később Boukema is tesztelte a *C. frutescens* cv. Tabasco fajtát és a rezisztenciagén az *L2* allél jelet kapta. Nincs tudomásunk arról, hogy cv. Tabasco eredetű, tobamo rezisztens fajta létezik. Egy ismeretlen nemesítőtől származó, magyar fajtaként regisztrált Greygo fajtában egyes vizsgálatok az *L2* allélt feltételezik.

A dohány mozaik vírus rezisztencia l^i alléljét tartalmazó, California Wonder típusú Keystone Resistant Giant fajtát használták az első TMV rezisztens magyar fajta a D Cecei előállítása során. A nyújtott kúp alakú, magyar típusú, fehér húsú étkezési fajtát további fehér húsú fajták követték (Tizenegyes, Rezisztens Keszthelyi), de kétségtelenül a legnagyobb siker Zatykó Lajos és társai által nemesített Fehérözön fajta, amely több, mint 20 évig piacvezető fajta volt. A Fehérözön génforrást és rezisztenciaforrást felhasználva született a következő 20 év siker hibridje a Túri István és társai által nemesített HRF F1. Nem sokkal a Fehérözön, majd a HRF F1 sikerei után a hazai termelőknél, de külföldön is olyan újabb TMV törzsek jelentek meg, amelyek az addigi rezisztens fajtákat is fertőzte. A Soroksári hajtató fajta R jelű változata haragosabb zöld levelű, ezért felfedezői rezisztensnek vélték, de valójában egy monogénes recesszív levél mutáció (*rugulose- rul* gén). A Soroksári R paprikát a termelők, hajtatási körülmények között megkedvelték, de hamarosan több helyről jelzések érkeztek, hogy a fóliás termesztésben, a májusi meleg beköszöntével egyre több, különleges, sárguló, mozaikos levelű növények jelennek meg. A növényvirológiában akkor általánosan használt tesztnövény sor (*Nicotiana tabacum* cv. Xanthi nc*, N. tabacum* cv. Samsun, *N. glutinosa. N. sylvestris* stb.) tesztnövényeinek mesterséges fertőzésével bebizonyosodott, hogy a tüneteket egy új TMV törzs okozza, amely az eddig rezisztenciát biztosító l^i allél hatását letöri és a vírus szisztemizálódik a növényben. A további vírustesztek alapján kiderült, hogy a vírus nem a közönséges TMV, hanem a paradicsom mozaik vírus - Tomato mosaic virus - ToMV egy különleges típusa, ezért a ToMV-Ob jelet kapta. Több kutatócsoport vizsgálata után az eredeti ToMV-Ob elnevezés helyett Obuda pepper mosaic – ObPV vírus néven lett regisztrálva. Az *Óbuda* név arra utal, hogy az első minták egy óbudai üvegházi paprika ültetvényből származtak. Sajnálatos tény, de a történethez hozzá tartozik, hogy a *„* vírus rezervoár Soroksári R*”* tétel vetőmagját a munkatársak, az akkori jogszabályok ellenére csávázatlanul forgalmazták, így a vírus országos szinten vetőmaggal gyorsan elterjedt. Döbbenetes és tanulságos, hogy Holmes 1934-es esete után a paprikában a vírus terjedése szinte hasonló módon történt. Az ObPV vírustörzs eredete a mai napig tisztázatlan. Salamon Pál virológus (2006), aki a kórtünetek kiváló ismerője volt, a későbbi kutatásai során, szülőfalujában, a nyírségi Berkesz erdeiben a *Solanum dulcamara* növényen hasonló vírust fedezett fel, amit külön névvel illetett (Dulcamara yellow

fleck virus – Dyf*),* sőt feltételezte azonosságát az ObPV vírussal.

Az 1970-es években a KKI budatétényi állomásán több, mint 250 vad *Capsicum* fajt tartottak fenn. A génbanki szintű tétel megőrzés mellett fajhibridek is készültek, de a legfontosabb célkitűzés a vad fajokban rejlő kórokozók és kártevők elleni rezisztencia gének kutatása volt. Az újonnan felfedezett és ToMV-Ob törzsének leírt vírus megjelenése a vad faj kutatási témát az intézetben addig megtűrt kategóriából a támogatott témák közé sorolta. Már a korábbi TMV rezisztencia tesztelések során kiderült, hogy néhány vad faj tétel fertőzött sziklevelén sokkal apróbb, tűszúrásnyi léziók keletkeznek, amit akkor sokan jelentéktelennek véltek. Csilléry és Ruskó (1983) az „egyléziós" módszerükkel igazolták, hogy ez a hiperszenzitív reakció teljesen más típusú. Nem kis meglepetésre az apró léziós *C. chinense* tétel (PI 159236) az Ob izolátummal szemben is hiperszenzitív reakciót mutatott. Az apró lézió méret öröklődésének tisztázása már korábban felmerült és ezért még 1977-ben elkészültek C. *annuum* cv. Hatvani al × *C. chinense* PI 159236 fajhibridek. A hibridek utódelemzése során kiderült, hogy nem csak a rezisztencia, hanem az apró lézió méret is öröklődik. Néhány száz F2 növény rezisztencia tesztelésekor kiderült, hogy az új rezisztencia valóban monogénes és domináns, az antocián mentességet okozó *al* gén pedig a vártnak megfelelően monogénes és recesszív. Meglepő módon kevés antocián mentes, de rezisztens növény nagyon kevés volt az első F2 tesztben. Egy újabb teszt alkalmával több, mint 70 000 növény tesztelési eredménye alapján megállapították, hogy a hasadási arány erősen torzul és a várt 18,75% helyett csak 0,83% antocián mentes rezisztens növény találtak, míg 6,25% antocián mentes fogékony helyett jóval több, 24, 83% volt a szisztemikusan fertőzöttek aránya. A paprika addig ismert génjei között a gömb/kúpos alak és a termés lilaságot meghatározó gének között szoros kapcsoltság volt ismeretes (Peterson 1959), de az antocián mentesség *al (*újabban *pax)* génje és a tobamo rezisztencia *L* alléljai közötti szoros kapcsoltság példátlan. 1980 tavaszán a szerzők, az eredmények összefoglalóját az októberben Hollandiában megrendezésre kerülő IV. Eucarpia konferenciára elküldték, ezzel a felfedezésük prioritását bizonyítottnak vélték. Sajnos az új típusú apró léziós tünetet és a rezisztencia törő gént/allélt nem illettük új névvel (Csilléry és Ruskó 1980). A hasonló kutatásokat végző holland kutatók és a nyár folyamán a KKI-ban járt munkatársaik információnak birtokában, valamint szervezői előnyükkel visszaélve, nem korrekt módon, saját publikációikban ezt nem vették figyelembe, így nevezéktani prioritásuk vitathatatlan. Rast (1977) az l^i allélt áttörő TMV-P8 izolátumot közölt, amivel a *C. chinense* egy másik tételét (PI 152225) fertőzve hiperszenzitív tünetet figyelt meg. Boukema (1980) a magyar eredmények és saját kutatásai eredményeik ismeretében a korábbi nevezéktant megváltoztatta és a Holmes-féle nevezéktan *(l, l^i, L)* helyett az L^+, L^1, L^2 nevezéktant javasolta, az új allélt pedig L^3-nak nevezte. Később az L^+, L^1, L^2, L^3, L^4 felső indexes jelölés helyett az egyszerűbb *L+, L1, L2, L3, L4* jelölés terjedt el. A vírustörzsek nevezéktanát is egységesítették és nem rezisztencia törő tobamovírusok a *P0* patotípus, az *L1* allélt törő vírusok a *P1* patotípus, míg az *L2* allélt áttörő vírus izolátumok/törzsek a *P1.2* patotípus jelzést kapták. Az újonnan felfedezett és *L3*-nak nevezett gén fajtákba történő beépítése hamar megtörtént, a gén gazdasági értéket csökkentő hatása mérsékelt volt, ami a folyamatos szelekcióval a mai fajtákban már nem állapítható meg. 1981-82-ben már többször visszakeresztezett gazdasági értékű vonalak voltak az intézet birtokában, de azok eladása, illetve egy holland cég megkeresése sikertelenül zárult. Az *L3* allélt tartalmazó fajtákat új patotípusú tobamovírusok fertőzték, vagyis a korábbi öröm nem tartott sokáig. Ezt az új patotípust a virológusok PMMoV-ként, már korábbról ismerték és Samsun latent izolátumként írták le. Az új/régi vírus a nevezéktanban a P1.2.3 patotípus jelzést kapta. A vad *Capsicum* fajgyűjtemények újabb tesztelése kezdődött, aminek eredményeként Boukema és munkatársai (1980) a *C. chacoense* fajban találtak hiperszenzitív reakciót mutató tételt. A rezisztenciagént az *L* gén újabb alléljának vélték és az *L4* jelölést kapta. A *C. chacoense* fajból származó *L4* allél *C. annuum* fajba keresztezés-

sel történő átvitele nehezebb feladatnak tűnt/tűnik. Csak a *C. annuum* × *C. chacoense* irányú hibridizálás volt sikeres, de a többszöri visszakeresztezések és szelekciók ellenére az *L4* allélt tartalmazó nemesítési vonalak gazdasági értéke a mai napig nem érték el a megfelelő szintet. Az eredeti holland *L4* gén forrást tartalmazó *C. chacoense* tétel növényei vegyesek és nem tipikus *C. chacoense* fenotípusúak, hanem erősen *C. annuum* jellegűek voltak, ami további kérdéseket vet fel. A ma vizsgált *L4* allélt tartalmazó növények virágszerkezete különös figyelmet érdemel. A sziromlevelek a megszokott enyhén harang alakban védik a portokokat és bibét, de ebben az esetben a szirom gyakran lapostányér alakúan kiterül, szinte vízszintes, a portokok eltávolodnak a bibétől, így a gyenge öntermékenyülés oka ez is lehet. Ez csak egy fenotípusos megfigyelés, de ennek bizonyára genetikai oka is lehet. A rossz terméskötés a kis termés méret gondok leküzdésében nem segített a paprika nemesítésben ma szeretettel alkalmazott dihaploid (DH) készítés módszere sem.

A több évtizedes nemesítési munkáknak köszönhetően ma közel izogén vonalak tesztelésével hasonlítható össze a különböző *L* allélok okozta hiperszenzitív reakciók tünetei. A mesterséges fertőzés során nem csak a sziklevélen, hanem a lomblevélen is előidézhető hiperszenzitív reakció. A sziklevélen kialakuló szövetelhalás, a hiperszenzitív reakció miatt a sziklevél gyorsan lehullik. A lomblevélen egy különleges úgynevezett „egyléziós" módszerrel (Csilléry és Ruskó 1983) előidézhető egyetlen lézió keletkezése, ami miatt kevesebb abszcizinsav képződik és a levél nem hullik le. A leglátványosabb előnye, hogy a lézió alakja, kiterjedés és színe jól nyomon követhető. Az egyléziós teszt során a fogékony *L*+ genotípus levélen csak egy apró, mechanikai eredetű szövetelhalásos folt keletkezik, ami nem gátolja meg a vírus terjedését, de körülötte egy kisárguló folt jelezi a vírus terjedését, szisztemizálódását. Az *L1* allél okozta lézió határozatlan alakú és szélű világos barna színű, az *L2* allél okozta lézió amőba-szerűen szétterjed, sötét barna színű, az *L3* tünet valamenynyitől különbözik, apróbb és határozott szélű, sötétbarna/fekete színű, az *L4* kissé hasonlít a *L1* allél tünetére, világos barna színű, kissé amőba-szerűen szétterjed (Címkép). A tünetek megjelenési sebességében és alakjában a szikleveles tesztelés során is látványos eltérések tapasztalhatók, de az folyamatos megfigyelést kíván. Az *L1* és *L3* tünetek gyorsabban (3–5 nap), de *L4* tünetek lassabban (7–10 nap) alakulnak ki. A hiperszenzitív módon működő rezisztencia esetében, a rezisztencia tesztek során kerülni kell a 30 °C feletti hőmérsékletet, mert téves eredményt okozhat.

A molekuláris módszerek megjelenése felgyorsította rezisztencia nemesítés folyamatát. A paprika *L* alléljait is meglehetős pontossággal képesek tesztelni a módszert és a markereket jól ismerő laborok. Kodomináns molekuláris marker esetén a tétel homogenitását vagy heterogenitását is megállapíthatják. Negatív tapasztalatok is vannak. Egy ismert amerikai labor a PI 159236 tételből származó, *L3* allélt tartalmazó F8 nemzedékű rezisztens vonalakat, fajtákat fogékonynak, míg a hollandok által indított PI 152225 tételből származó *L3* allélt tartalmazó tételeket, fajtákat rezisztensnek minősített. A marker fejlesztés során bizonyára a holland forrást használták. A marker fejlesztésben kulcsszerepet játszó amerikai kutató sem tudott megnyugtató választ adni a téves tesztelési eredményre.

Az 1990-es években a vad *Capsicum* fajgyűjtemény tobamo izolátumokkal történő teszteléséhez, nemzetközi izolátum csere során, több, mint 50 tobamovírus izolátum gyűlt össze a ZKI virológiai laborban. Elővizsgálatok igazolták, hogy az akkor ismert rezisztencia források *L* alléljai mellett további hiperszenzitív gazda patogén kapcsolatok is léteznek. Az izolátumok és a vad fajok kapcsolatának vizsgálata sajnos megszakadt, a gyűjtemény megsemmisült. Közismert, hogy a hiperszenzitív reakción alapuló rezisztenciák mennyire sérülékenyek, ezért újabb források keresése szükséges.

A tobamo rezisztenciát tartalmazó fajtákat a termelők pontos tájékoztatása *érdekében* nemesítő cégek a fajtaleírásban közel egységes nevezéktan szerint közlik. A következő jelölések használják: *Tm0 (L1), Tm1 (L2), Tm2 (L3) és Tm3 (L4).*

Itt is újfent meg kell említeni, hogy a hiperszenzitív reakción alapuló rezisztencia mellett érdemes kutatni a Szarka és Csilléry (1995) által a *Xanthomonas* rezisztencia kutatása során felfedezett, nem hiperszenzitív reakción alapuló *gds* gén és GDR mechanizmusok jelentőségét és szerepét a paprika rezisztencia nemesítés folytatása során.

Tospovírus elleni rezisztencia

A paradicsom bronzfoltosság vírus (TSWV) a virológusok számára régóta ismert, hiszen közel ezer gazdanövényét írták le. A vírus vektorainak (dohánytripsz, nyugati virágtripsz) az elterjedése tragikus terméskiesést okozott világszerte, ami forradalmi lendületet hozott a paradicsom és a paprika kórokozó elleni rezisztencia kutatásban. A növényvédő szerek seregét vetették be, amelyek gyenge hatékonysággal gyérítették a tripszeket. Ahol lehetett, ott a biológiai növényvédelem jelentett segítséget és ma is hatékony védelmet biztosít. A virológusok és nemesítők újfent az örök segítségben a vad fajokban bíztak és viszonylag hamar meg is találták a rezisztencia forrásokat. A paradicsom nemesítők egyik vad fajában (*Solanum peruvianum* L. syn. *Lycopersicon peruvianum*) monogénes domináns gént (*Sw5b*) találtak, amely hatékony védelmet biztosított. A paprika nemesítők sem késlekedtek és a *C. chinense* fajának két tételében monogénes domináns rezisztenciát okozó gént (*Tsw*) találtak (Black és mtsai 1996). Meglepő, de mindkét *C. chinense* tétel azonos volt a tobamo *L3* allélját hordozó tételekkel (PI 152225, 159236). Sajnos sem a paradicsom, sem a paprika esetében nem tartott sokáig az öröm, mert a rezisztens fajták termesztése során a tripszek ellen az egyébként sem túl hatékony vegyszeres védekezést elhanyagolták a termelők és megjelentek a rezisztencia törő törzsek. Néhány európai rezisztenciatörő (TSWV RB) izolátum begyűjtése és molekuláris összehasonlítása során kiderült, hogy a TSWV áttörő törzsek nem egy földrajzi helyen alakultak ki és terjedtek el, hanem az áttörő képességért felelős mutációk a helyi izolátumokból szelektálódtak ki (Almási és mtsai 2015). Az *RB* izolátumok elleni rezisztencia nemesítés eredményei eddig sikertelenek. Néhány *C. pendulum* tétel hiperszenzitív reakciót mutatott, de a felsőbb leveleken nekrotikus foltok alakultak ki, majd csúcsnekrózisban elhaltak a növények. Az újabb *C. annuum* × *C. pendulum* keresztezés sikertelen volt. A *C. pendulum* × *C. pendulum* hibridek elemzése folyamatban van. Szóbeli közlések vannak a lila virágú fajokban (*C. eximium, C. cardenasii*) vélt az *RB* izolátumokkal szemben rezisztenciát biztosító génről, de fajok és fajhibridek ismertetése során említett akadályok miatt ezek a rezisztencia források jelenleg elérhetetlenek. Érdekes termelői megfigyelések is vannak, amelyek megszívlelendőek. A folyamatos növényvédőszeres védekezés nem vezet eredményre, a tripszek egyre ellenállóbbak és agresszívebbek lettek, a talajban áttelelnek és újra támadnak. A *Tsw* rezisztenciát tartalmazó fajták elhagyása után az RB típusú izolátumok jelenléte csökkent, vagy eltűnt. Jelenleg úgy tűnik, hogy a *„békés egymás mellett élés”* korszakát éljük. Szélsőséges esetben, nagy mennyiségű TSWV fertőzött tripsz esetén a termesztett paprika fajta hiába tartalmazza a *Tsw* rezisztencia gént, mert a virágban a fiatal bogyókezdeményt szívogató tripszek hatására a hiperszenzitív reakció működésbe lép és a kifejlett bogyón fekete nekrotikus foltok keletkeznek, a termés eladhatatlan. Ez a jelenség egyes virológusokat és a tripsz ellen hanyagul védekező termelőket is pesszimistává tette a *Tsw* gén használhatóságát illetően. Vetőmag cégek és kutatóintézetek több éve közölt titkolt adatai szerint hamarosan forgalomba kerülnek az RB törzsekkel szemben védelmet biztosító fajták, de ezek a hírek még ma is csak hírek. Felmerül a legmodernebb technológiával történő nemesítés lehetősége, de eddig egyetlen olyan országban sem regisztráltak RB rezisztens fajtát, ahol nem tiltott ezen, vagy akár az újabb módszerek alkalmazása. Mindezek ellenére ma a paprika fajtákban a *Tsw* gén jelenléte alapkövetelmény. Nem kivétel ez alól a szabadföldi termesztésre ajánlott étkezési fajták, de akár a fűszer fajták sem, hiszen a palántanevelés üvegházban fóliában történik, ahol a tripszek a folyamatos védekezés ellenére jelen vannak. A termelői és nemesítői tapasztaltok szerint egyes fajtákat, nemesítési vonalakat a tripszek jobban,

másokat kevésbé kedvelnek. Felmerült a tripszek elleni rezisztencia keresése fajtákban és vad fajokban, de eddig ez sem járt eredménnyel.

Cucumovírusok elleni rezisztencia

Az uborka mozaik vírus (CMV) hazai előfordulását Szirmai J. 1941-ben fűszerpaprikán figyelte meg és elbokrosodó, keskenyedő levelű növénytünetet „újhitűség" néven írta le. A CMV azóta is a legjelentősebb kórokozó, amely nem csak a szabadföldön hanem hajtató berendezésekben is megjelenhet, a levéltetvek elszaporodása következtében. Fő terjesztője a zöld őszibarack-levéltetű *(Myzus persicae)*. A vírus a magyar flóra számtalan áttelelő gyomnövényén (tyúkhúr – *Stellaria media)*, vagy burgonyafélék családjába tartozó fásszárú növényen (ördögcérna – *Lycium barbarum* L. syn. *L. halimifolium*) fennmarad és tavasszal, a levéltetű vektorok megjelenése során innét kerül a vírus a termesztett növényekre, így a paprikára is. A szabadföldi paprikatermesztés mai napig fontos kulcs kérdése, hogy miként sikerül megvédeni a májusban kiültetett vagy éppen a kikelő helyrevetett növényeket a júniusi tetű gradációtól, vagyis a CMV fertőzéstől. Nem véletlenül költenek komoly összeget a profi termelők a szabadföldre kiültetett növények vektor hálós takarására. A 70-es években az uborka mozaik vírussal szemben rezisztens vagy toleráns fajták nemesítése volt az egyik legfontosabb rezisztencianemesítési program. A vad fajok, mint lehetséges rezisztenciaforrások tesztelése során a *C. chinense – C. frutescens* fajkomplexum néhány tételén csak enyhe tünetek alakultak ki, de a fajhibridizálás helyett a gyorsabb eredmény biztosító francia C. *annuum* tételek használata volt indokolt. A rezisztencia kutatásban a francia INRA munkatársa Pochard ért el kimagasló eredményeket. Az általa kiválasztott francia Antibois fajta és az indiai eredetű „Perennial", „Lorai" „Rama" tételek voltak a legígéretesebb tolerancia források. Speciális szelekciós módszert is kidolgoztak, aminek eredményeként toleráns fajták születtek. A cserépbe ültetett fiatal 4-6 leveles növényt fertőzték, majd két hét után visszavágták és a kihajtó friss leveleken a vírus szisztemizálódásának mértékét, illetve a tünetmentességét értékelték. Egy különleges CMV izolátumot is használtak (CMV Fulton), amit *Catharanthus roseus* L. gazdanövényen szaporítottak fel. A Fulton izolátummal szikleveles/lombleveles korban fertőzött növényeken a lokál lézió száma alapján a tolerancia/fogékonyság mértékére lehetett következtetni. A francia kapcsolatra épült a hazai nemesítési program is, vagyis átadtak minden rezisztenciaforrást, vírust izolátumot (Ruskó és Csilléry 1980), Saját fajhibrid programból származó *C. annuum* × *C. frutescens* F8 tétel (*Rez 363*) éveken keresztül kimagasló tolerancia szintet mutatott, ezért a nemesítési program fontos eleme lett. Meg kell jegyezni, hogy 50 évvel ezelőtt más világban éltünk, mert az értékes nemesítési alapanyagok, kórokozó törzsek és információk átadása a legtermészetesebb volt, még a keleti és nyugati blokk kutatói között is! A munka eredményeként született legismertebb CMV toleráns, fehér étkezési fajta a Táltos, de a nemesítési törzsanyagok utódai több termesztett fajtában ma is tovább élnek. A korábban használt, de mára veszélyesnek és egészségre károsnak tartott növényvédő szerekkel sikeresen megvédték a levéltetvektől, így a vírus fertőzéstől a paprikát, ezért a CMV rezisztencia téma fontossága egy időben háttérbe szorult. Ezeknek a szereknek a betiltása következtében a CMV rezisztencia nemesítés mára újra az egyik legfontosabb kutatási téma lett. A háttérben a témával foglakozók nem hagyták abba a rezisztencia források keresését és ezek eredményeként a régi poligénes, recesszív források mellett mára új, monogénes, sőt domináns (*Cmr-1*) és recesszív (*Cmr-2*) rezisztenciát tartalmazó forrásokról és az ezeket a géneket tartalmazó fajtákról értesülünk (Ceremony F1, Kéra F1, Zentus F1, Kombino F1, Temes F1). A téma változatlan prioritást élvez a szabadföldi paprika termelők, különösen a fűszer- és újabban a Jalepeno termelők körében, számára.

Potyvírusok elleni rezisztencia

A burgonya Y vírus (PVY) szerencsére nem sokszor és akkor sem okoz súlyos gondokat a hazai paprika termelőknek. A mediterrán orszá-

gokban, az USA-ban, de az ázsiai országokban a *PVY* rezisztencia kiemelt fontosságú. Ez a vírus is levéltetvekkel terjed. A megbetegedett növény levelei mozaikosodnak, növekedésben lemarad, súlyos esetekben a csúcsi rész nekrózisban vagy akár a teljes szárnekrózisban elpusztulhat. A vírusnak több patotípusa ismert (*PVY:0, PVY:1, PVY:2*). Az európai rezisztencianemesítés a francia INRA intézetben Marchoux, Pocard és Palloix nevéhez köthető. A vetőmag cégek számtalan PVY rezisztens faját ajánlanak. *PVY: 0, 1* esetleg *PVY: 0, 1, 2* rezisztencia jelöléssel (Attractica F1, Hokkaido F1) A dohány karcolatosság vírus (Tobacco etch virus – TEV) szintén potyvírus és a PVY-hoz hasonlóan komoly gondokat okoz, elsősorban Amerikában. Rezisztens fajták vannak.

Sztolbur fitoplazma

Megjelenése, kártétele időnként jelentős, majd évekig alig fordul elő. A 90-es években „paprika sárgulás" néven ismertük meg, terjesztői különböző kabócafajok. Néhány év múlva teljesen eltűnt, de a 2026. évben, feltehetőleg a melegnek köszönhetően újfent előfordult. Kártétele a szőlőben megjelent aranyszínű sárgaság fitoplazmás betegség kártételéhez szerencsére nem hasonlítható.

Baktériumok

Xanthomonas vesicatoria elleni rezisztencia

A paprika baktériumos megbetegedései közül a *Xanthomonas vesicatoria* okozza a legjelentősebb károkat. A levélen barna vizenyős foltok jelennek meg, a fertőzött virágon, amik gyakran lehullanak, később termésen is barna, nekrotikus foltok alakulnak ki. Hazai körülmények között a júniusi csapadékos, nedves időjárás (Medárd nap – 40 nap eső) kedvez a tünetek kialakulásának, bár erre az utóbbi évtizedben alig volt példa. A kórokozó a baktérium fertőzött bogyóban kialakuló mag felületén terjed, ezért a mag csávázása és a vetésforgó betartása, valamint a mára általánossá vált víztakarékos csepegtető módszeres öntözés fontos része védekezésnek. A származadványokkal és talajjal történő terjedés vitatott, de inkább kizárható. A frissen kinyert vetőmag azonnali csávázása megbízható védekezési módszer. A vetőmagot forgalmazó cégek a maggal terjedés lehetősége miatt nagyon nagy hangsúlyt fektetnek a vetőmag csávázására, a csávázó szerekre, a kezelés időtartalmára, a szárítási technológiára. A védekezés leghatékonyabb módja a rezisztens fajták termesztése. A rezisztenciaforrások keresése már a 60-as években elkezdődött Amerikában, különösen a baktérium szaporodásának kedvező meleg, csapadékos klímájú Floridában. Cook és Stall (1963) a *C. annuum* PI 163192 tételében talált egyetlen domináns rezisztencia gént, aminek *Bacterial spot – Bs* gén jelet adta. Cook a vad fajok tesztelése során a *C. chacoense* fajban is talált rezisztencia gént, ami a *Bs2* nevet kapta. A tobamo *L4* allél témánál már szóba került a *C. chacoense* és *C. annuum* fajok keresztezhetőségi problémája. A *C. chacoense* PI 260435 tételt a génbankból Cc 435 jelzéssel kapták. Ha a keresztezés *C. chacoense* PI 260435 × *C. annuum* Florida VR2 irányba történt, akkor az ilyen irányú hibridizálás eredményeként az F1 növény portok és szinte szirom nélküli, ezért a fordított irány a javasolt, bár akkor is erős fertilitás csökkenés van, ami a többszöri visszakeresztezéssel és szelekcióval helyre állítható. Ez volt az oka annak, hogy a *Bs2* rezisztens fajtákat a termelők sokáig nem szívesen ültették. Tanulságos áttanulmányozni a *Bs2* rezisztens fajták terméseredményeit közlő amerikai adatokat. Évről évre volt némi javulás, de az igazán nagy áttörést, 50 évvel (!) a rezisztencia felfedezése után a floridai nemesítő Subramanya érte el Boynton Bell fajtájával. Attól kezdve minden nemesítő ennek a fajtának a keresztezésével növelte a termőképességet és méretet. A *Xanthomonas* baktérium kutatása a Növényvédelmi Kutató Intézetben Klement Zoltán vezetésével indult el, a rezisztencia nemesítés pedig 70-es években Szentesen és Szegeden (Ledó Hajnalka) és Kalocsán a Fűszerpaprika Kutató-fejlesztő Kht. és a Budakert Kft. együttműködése keretében Márkus Ferenc. és Szarka János vezetésével indult el. A program az alapanyagok begyűjtésével, magyar típusú, étkezési és fűszer fajtákkal történő keresztezésekkel kez-

dődött. A többszöri visszakeresztezések és azok fertőzéses tesztelése során Szarka kialakított egy egyedi fertőzési és értékelési módszert. A *C. annuum PI* tételeinek módszeres átvizsgálása során egy tételben olyan tulajdonságra figyelt fel, amit a korábbi bakteriológusok és nemesítők is használhatatlannak tartottak. Cook a PI 163192 tételben találta meg és írta le a domináns *Bs1* gént, de ugyanebben a tételben, igaz nem egységesen egy másik tulajdonságot fedezett fel Szarka. Meglepő módon a baktérium inokulálást követően nem a megszokott 48 órán belül jelentkeztek a várt szövetelhalásos, foltok, hanem csak 6–8 nap múlva, de akkor is csak enyhe sárgulás formájában. Mivel a tétel a *C. annuum* fajba tartozott, apró zöld termései ellenére könnyen keresztezhető volt nagy bogyójú fajtákkal. Az F2 növények tesztelése során kiderült, hogy a tulajdonságért egyetlen recesszív gén felelős, ami, *general defense system – gds* jelölést kapta. Az új típusú tünetek jelentőségét Szarka ismerte fel először és fokozatosan alakult ki a képe a baktériumellenállóság ezen típusáról és ezen kívül egy új, általánosabb védekezési rendszerről. 1995-ben a Budapesten megrendezett IX. Eucarpia Capsicum and Eggplant Meetingen elhangzott előadásban (Szarka és Csilléry 1995) került ismertetésre a felfedezés. Az előadás során Bosland amerikai professzor elnökölt, de a témával aktívan foglakozó, nemzetközileg ismert szakemberek (Poulos, J., Kim, B., Heisey, B., Owens, K., Kammerlohr, D., Subramanya, S. és Andrásfalvy A.) voltak jelen. Az előadást követő vita során Poulos a kis betűvel írt *gds* génjel helyett a nagy betűvel írott *Bs* jelet javasolta A gén recesszív volta miatt a szabály egyértelmű, a szerzők nem fogadták el. Poulos második javaslata a *Bs3* után következő *Bs4* gén név volt. A klasszikus genetikában egy génsorozat nevezés csak akkor jogos, ha azonos típusú génről és az általa okozott hasonló típusú tünetről van szó, így ezt sem fogadták el a szerzők és a jelenlévők. Az addigi sorozat *Bs1, Bs2* és *Bs3* génjei monogénes és domináns hiperszenzitív reakcióval válaszoltak a *Xanthomonas* fertőzésre, a monogénes recesszív *gds* gén pedig szövet elhalás nélküli, szövettömörödéssel védekezik. A konferencia másnapján egy kis csoport meglátogatta a kalocsai és szentesi tenyészkertet, élőben hasonlíthatták össze a *Bs2*, a *gds* és fogékony tünetet. Az új típusú védekezési mechanizmussal végzett további kutatási eredményeikről a következő években három összegző tanulmány jelent meg a magyar kiadású, de angol nyelvű Horticultural Science lapban, General defense system in the plant kingdom I, II, III. címen. (Szarka és Csilléry 2001a, b, Szarka és mtsai 2002). Ezekben a tanulmányokban egy még általánosabb jelenségre is felhívták a szerzők a figyelmet, amit a speciális védekezési reakció (Specific Defense Reaction- SDR) mellett általános védekezési reakció (General Defense Reaction – GDR) névvel jelöltek. Az élettani kutatási eredményekről Sárdi és mtsai (2006), Szarka és mtsai (2006b) közöltek eredményeket. Csilléry és mtsai (2007) a *gds* és *Bs2* kölcsönhatásáról tartottak előadást. Az Amerikában két évente megrendezésre kerülő International Pepper Conference keretében két alkalommal (Szarka és mtsai 2006, 2010) előadás hangzott el a *gds* génről, ahol az amerikai *Xanthomonas* kutatásban érdekelt szerzők kivétel nélkül jelen voltak. A szerzők ott is bemutatták be a *gds* gén jelentőségét a *Xanthomonas* baktérium elleni védekezésben. A téma és az eredmények folyamatos elhallgatása és hivatkozás nélkül hagyása után 2016-ban a XVI. Eucarpia keretében Palotás G. foglalta össze az elmúlt 20 év nem hiperszenzitív, nem specifikus recesszív paprika rezisztencia gén kutatási eredményeit, diszkréten bizonyítva más szerzők nem korrekt hivatkozásait és a *gds* gén felfedezőinek elsőbbségét. Mindezek ellenére amerikai szerzők (Jones és mtsai 2002) ugyanabban a genetikai forrásban megtalált tulajdonságokat *bs5* (eleinte Bs5) és *bs6* génként írták le. A nemzetközi és sajnos hazai irodalmi hivatkozásokban is a rangosabb amerikai szerzők *bs5* elnevezése terjedt el, pedig a *gds* és *bs5* gének összehasonlító vizsgálata egyértelműen bizonyította azonosságukat. A legnagyobb gyalázat ezek után történt, amikor a molekuláris kutatási eredményeknek köszönhetően a tulajdonságot egy nemzetközileg jegyzett multi cég 2013-ban levédte, azt a nemzetközi szervezet elismerte, annak ellenére, hogy az első *gds* gént tartalmazó cseresznye alakú paprika

fajtát Global néven, a kalocsai Fűszerpaprika Kutató-fejlesztő Kht. 2003-ban jelentette be és 2005. 12. 20-án a Fajtaminősítő Intézet 039423 sorszámmal és 218449 kódjellel állami elismerésben részesítette. Sajnos multi céggel pereskedni esélytelen. A GDR tulajdonság legújabb kutatási eredményeiről Szarka *és* munkatársai (2022, 2026) számoltak be.

A kalocsai együttműködés keretében (Márkus és mtsai 2001) több *Bs2 g*ént tartalmazó rezisztens fajta készült Kalocsán (Kaldóm, Kalóz, Kalmár) és Szegeden (Meteorit). Az Univer Zrt. is bekapcsolódott a *Xanthomonas* elleni rezisztencia kutatásba, nemesítésbe (Unihot, Uniring, Borbási, Hetényi triász). A ZKI, a Duna-R Kft. étkezési és fűszer fajtákat forgalmaz, amelyek a Bs2 gént tartalmazzák (Bihar F1, Maros F1, Gogorez F1, Pritador F1).

Pseudomonas syringae

A kórtani irodalom megemlíti a baktériumos eredetű bogyórothadást okozó kórokozót is, ami ritka esetben okoz terméskiesést. Nedves, kissé hűvös nyarakon a leveleken vizenyős foltokat, a bogyókon a kocsánytól induló rothadást idéz elő. Hatékony rezisztencia nem ismert. A paradicsomban a „Bacterial Speck" betegséggel szemben a *Pto* gén a *0* rasszal szemben hatékony védelmet biztosít.

Gombák

A „palánta dőlés" kórokozói *Pythium debaryanum* és *Rhizoctonia solani,* valamint a *Botrytis cinerea* és a *Sclerotinia sclerotiorum* jelentős károkat okozhatnak, de az okok technológia fegyelmezetlenségre vezethetők vissza, kémiai védekezés lehetséges.

A *Fusarium oxysporum* általánosan elterjedt talajban élő kórokozó. A paradicsomhoz hasonló rezisztencia (*Fol1, 2*) sajnos nincs, de egyre nagyobb szükség van.

A *Verticillium dahliae* súlyos károkat okoz a folyó közeli, levegőtlen öntéstalajon termesztett paprikán. A moldovai Tiraszpolban Ilienko, T. által nemesített Podarok moldovy az egyik jelentős *Verticillium* elleni, poligénes rezisztencia forrás, amit a ZKI-val történő együttműködés keretében a 70-es években több fajtába beépítettek (VR Táltos). A plovdivi Marica intézetben Todorova (2023) vezetésével folyik *Verticillium* rezisztencia kutatás. Rezisztens fajtákat (Kapia 1300, Vertus), sőt F1 hibridet is készítettek. Riley és Bosland (1995) több rezisztens tételt írtak le, de fajtáról nincs adat.

A *Phytophthora capsici* a legsúlyosabb károkat okozó talajlakó kórokozó. A melegebb éghajlatú országokban a nedves, levegőtlen öntéstalajokon, Szerbiában, Bulgáriában, Franciaországban, Spanyolországban, az USA déli államaiban és Ázsiában jelentős kórokozó. A 70-es években az INRA munkatársai Pochard vezetésével az ismert rezisztenciaforrásokat aprólékos módszerrel tesztelték, de amikor Guerrero-Moreno és Laborde (1980) bemutatta a Criollo de Morelos 334 rezisztenciaforrást, akkor új lendületet vett a kutatás. A rezisztenciáért felelős gént dominánsnak írták le, de hamar kiderült, hogy a fő gén mellett a módosító gének szerepe sokkal nagyobb és közel húsz év után készültek el az első igazán rezisztens fajták. Közben az is bebizonyosodott, hogy a CM 334 egyéb értékes rezisztencia géneket (PVY, *Meloidogyne*) is tartalmaz.

Leveillula taurica elleni rezisztencia

A *Leveillula taurica* levelet károsító lisztharmat gomba a hazai hajtató kertészek számára csak az elmúlt évtizedben vált súlyos gondokat okozó kórokozóvá, sőt újabban már szabadföldön is károsíthat. A betegséget az elmúlt ötven évben időnként észlelték a haza kórtani szakemberek, de vészhelyzet csak az utóbbi 15 évben alakult ki. Dél-Európa és *Észak-Afrika* paprika termesztő országaiban évek óta mindenütt komoly károkat okoz, hasonlóan az USA déli államaiban, de *Ázsiában, Afrikában* is jelen van. 1989-ben az INRA munkatársai egy etiópiai eredetű rezisztenciaforrást (H3, HV-12) írtak le. A rezisztenciáért két vagy három recesszív gén felel. Az ezzel a forrással készült rezisztens fajták lényegesen ellenállóbbak voltak (Nirvin F1), mint a fogékonyak fajták. Magyar nemesítési vonalak és a HV12 forrással készített F1

hibridek fogékonyak voltak, de F2-ben elfogadható rezisztencia szintű, hegyes és fehér típusú vonalak kerültek kiválasztásra. Fajgyűjteményünk egy *Capsicum baccatum* tétele a Róma és Nápoly melletti mediterrán körülmények között magas szintű rezisztenciát mutatott, de a fajhibridizálás sikertelen volt. Indiai kutatók Murthy és Deshpande (1997) olyan domináns lisztharmat rezisztenciaforrásról számoltak be, ahol a domináns fő gén (*Pt*) mellett két másik gén felel a rezisztenciáért. A szerzők több vonalat is említenek. A PMR-10/95K és az IIHR-1238 a legmagasabszintű rezisztenciát tartalmazzák, míg az IIHR-2200 közepes szintű rezisztens. Érdekes a tulajdonság eredete. A szerzők *C. annuum* × *C. pendulum* fajhibridben találták meg a rezisztenciaforrást, de a *C. pendulum* faj legismertebb tulajdonságáról a virág sárga torok foltjáról, amely monogénes domináns tulajdonság (*Ysf* gén) a publikációban nem tesznek említést. Az indiai kutatók által kiválasztott és legjobb típusú rezisztencia források sötétzöld, apró, csípős bogyójúak voltak. Magyar igényeknek megfelelő tételek többszöri visszakeresztezése után a bogyó méretet sikerült növelni. Egy amerikai kapcsolatból újabb tételek érkeztek, amelyek a leírás szerint az indiai eredetű rezisztenciát tartalmazták, de lényegesen nagyobb bogyójúak voltak. A tulajdonság amerikai levédésének lehetőségére, az esetleges nem legális felhasználás tiltott lehetőségére az amerikai kollégák figyelmeztettek, emiatt lassabb ütemben folyt a munka. A tulajdonság, a gén levédése szerencsére meghiúsult, így tovább folytatódtak a visszakeresztezések. Az elmúlt években a PepGen Kft. és az Orosco Kft. együttműködése keretében kidolgozott tesztelési módszerrel (Szamosi és mtsai 2023) igazolódott, hogy az indiai eredetű tételek visszakeresztezett utódaiban a magas szintű rezisztenciát sikerült megőrizni. 2017-ben a Rijk Zwaan cég az első fehér, Cecei típusú, lisztharmat rezisztens fajtával (Novelist F1) jelent meg a hazai piacon, de nem sokkal később az Orosco Kft., a Duna-R Kft. és a ZKI nemesítői hegyes erős, Cecei és Kápia típusú fajtáikat ismertették. Ma már a hajtatási fajták körében a lisztharmat rezisztencia a tobamo- és tospo rezisztenciák mellett az alapkövetelmények közé tartozik.

Kártevőkkel szembeni ellenállóság

Kártevők elleni rezisztencianemesítés általában a kevésbé sikeres programok közé sorolható. Példaképünk a paradicsom esetében ismert a gyökérgubacs-fonálféreg (*Meloidogyne* spp.) rezisztencia, amit a katalógusokban *IR* (intermedier/közepes) szintűnek jelölnek. Magas talajhőmérséklet esetén a hatékonyság kétséges. de a kártevő felszaporodását mérsékli. Részben hasonló a helyzet a paprika esetében is. Hare (1957) egy amerikai Santanka xS vonalban domináns gént (*N*) talált, amit a Mississippi Nemaheart fajtába építették be. Fery és mtsai (1998) a Carolina hot és a Charleston hot fajtákba egy hasonló *N* gént írta le. Az INRA francia kutatói Djian-Caporalino és mtsai (2007) vezetésével egy átfogó vizsgálat keretében hasonlították össze a fonálféreg rezisztenciáért felelős, egymástól független domináns *Me* géneket. Az *Me1, Me3* és *Me7* gének a *Meloidogyne* minden fajával szemben magas szintű rezisztenciát biztosítanak, még magas talajhőmérséklet esetén is. Az allélteszt eredményei szerint a gének különbözőek, de szoros összefüggésben vannak. A fűtött talajú üvegházakban és fóliákban évek során monokultúrában termesztett paprika talaját évente metilbromiddal fertőtlenítették világszerte. A szer használatát az ózonréteg károsítása miatt Európában betiltották, emiatt a fonálféreg elleni rezisztencianemesítés a kétezres években új lendületet vett. A néhány növény cserépben, esetleg vödörben, végzett „labor tesztje” és a több száz tétel nemesítési anyag tesztelése két külön dolog. Nagy mennyiségű anyag teszteléséhez a homoktalaj a megfelelő, ahol az értékelés során a növény gyökeréről a talaj lemosható, a gyökérszerkezet tanulmányozható. A rezisztenciaforrások és az azzal készített hibridek utódainak vizsgálata homoktalajon, természetes fertőzött körülmények között egy hazai és egy olasz telepen folyt 12 évig, évi 30–35 ezer növény gyökerének vizsgálatával (Csilléry és mtsai 1995). Az *N* gén nem alkalmas fűtött üvegházban, fóliában termesztett fajták védelmére,

de az *Me* géncsalád génjei valóban megbízható védelmet jelentenek. A több éves munka a rezisztencia eredmények mellett a paprika gyökérrendszerének megismerése volt a kutatás másik fontos eredménye. A nemesítési munka során a gyökér vizsgálatával általában nem foglalkoznak a nemesítők, de ebben a munkában a növények gyökértípus szerint kerültek csoportosításra. A dús vékony gyökér (Carolina hot, CM334) szinte az egyszikű növény gyökerére hasonlított, a drótszerű, vastagabb gyökér (Ancho, Mulato) akár méteres hosszúságúra is megnő, a vizet tápanyagot biztosabban eléri (szárazságtűrés), a vastag, szinte húsos gyökéren megjelenő néhány gubacs nem okoz gondot és az ilyen gyökér biztos támasztékot jelent a növénynek. Több tétel nem a termés gazdasági értéke, hanem a gyökér típusa alapján, mint oltásra alkalmas alany került kiemelésre. A szép elképzelések szinte egyik napról a másikra omlottak össze, amikor a fonalféreg rezisztens fajták és alanyok helyett a kőgyapotos, kókuszrostos termesztést részesítették előnyben a termelők. Nagy tanulság ez egy nemesítési program tervezése során.

A paprikának a *Meloidogyne* fajokon kívül még számtalan kártevője van, de ezek ellen számottevő rezisztencia kutatás és eredmény sincs. A zárt termesztőberendezésekben, hajtatási körülmények között a biológia növényvédelem évek óta kimagasló sikereket ér el. A növényvédőszerek kivonásával valóban lehetőség van vegyszermentes termelésre. A vírusoknál már említett nyugati virágtripsz ellen a hagyományos sárga/kék lapok mellett számos ragadozó ízeltlábú faj, pl. ragadozó atkák (*Amblyseius swirskii, Neoseiulus cucumeris*) és ragadozó poloskák (*Orius laevigatus*) biztos védelmet jelentenek. A szélesatkát (*Polyphagotarsonemus latus*) is pusztítja az *Orius*, de hatásos védelmet inkább az *Amblyseius swirskii* jelenti. A mindenütt jelenlévő közönséges takácsatka ellen nagyon hatékony védelmet biztosít a *Phytoseiulus persimilis* és a *Neoseiulus californicus*. Szóbeli közlések vannak magas szintű atkarezisztenciáról, de fajta még nem ismert. A levéltetvek *(Myzus, Aphis*) több faja ellen nehezebb a védekezés, de a közönséges hétpettyes katicabogár (*Coccinella septempunctata*), illetve a fürkészdarazsak (*Aphidius* spp.) jelenthetnek védelmet. A többi rovar ellen sajnos a kémiai védekezés lehetősége marad.

Beltartalom

A burgonyafélék családjából felsorolt burgonya, paradicsom, padlizsán, dohány, maszlag, nadragulya és beléndek fajok közös jellemzője a jelentős alkaloid tartalom. A nemesítési célkitűzések során a nem túl jelentős alkaloid tartalom további csökkentése a burgonya, a paradicsom és a padlizsán esetében egyértelmű. A dohány esetében a nikotin tartalom növelése vagy csökkentése a felhasználási célnak megfelelően sikerrel alkalmazható szelekciós módszer. A paprika legismertebb alkaloidja a csípős ízért felelős összefoglalóan kapszaicinoidok, részletesebben főleg a kapszaicin és kisebb részben a dihidrokapszaicin okozzák. A csípősségért felelős *Pun1 (*korábban *C* jelölés*)* gén monogénes domináns tulajdonság. A vad *Capsicum* fajok közös jellemzője, hogy valamennyi tartalmazza a *Pun1* gént. A botanikusok között ez vita tárgya, egyes vad fajok bogyói csípmentesek, így azokat csak újabban sorolják a *Capsicum* fajok közé. A termesztett *C. annuum* fajták csípősségében jelentős eltérések vannak, de a vad fajok kapszaicin tartalmában lényegesen nagyobb eltérések vannak. A friss fogyasztásra szánt bogyó esetében, de akár a fűszerpaprika őrlemények esetében is viszonylag nagy a fogyasztók elfogadó készsége. Belátják, hogy az évjárat és a termőhely hatása jelentős. A feldolgozott termékek krémek szószok esetében az előírások szigorúbbak, azt be kell tartani. Az Univer Zrt. egy termékének állandó szintű kapszaicin tartalmát az alapanyag változékonysága miatt nem tudta biztosítani, ezért nemesítési programot indított. A vad *C. chinense* tételek kapszaicin tartalmának tesztelése során kiválasztott tételekkel fajhibrideket készítettek. Egy sikeres kombinációval olyan fajtát nemesítettek, amely a magas kapszaicintartalom mellett a TMV *L1* allélját és a *Xanthomonas Bs2* génjét is tartalmazza. Az Unjol F1 fajta az egyetlen F1 fajhibrid fajta, amely szabadföldön termeszthető és megbízhatóan magas a

kapszaicin tartalma. A fajhibrid magtermesztésére speciális módszert dolgoztak ki, ennek ellenére a vetőmag csírázóképessége gyengébb. A kapszaicin vizsgálata ízleléssel is lehetséges (Scowille módszer), de a pontosabb műszeres HPLC módszer eredménye a mérvadó. A világhírű Tabasco szósz alapanyagát *C. frutescens* cv. Tabasco fajtából a brand tulajdonos Mc Ilhenny cég készíti. Érdekes módon a fajta TEV vírus rezisztens változatát a Greenleaf Tabasconak nevezett fajtát a fajtatulajdonos a nemesítő munkáját fajtavédelmi okokra hivatkozva eleinte nem engedélyezte forgalmazni. Korábban Etiópia, Korea és Kína büszkélkedett a legcsípősebb fajtákkal és ételekkel, de *C. chinense* extrém magas kapszaicin tartalmú tételeinek (Pepper-x, Carolin Reaper, Trinidad Scorpion Moruga, Bhut Jolokia stb.) elterjedésével és a média segítségével ez már megváltozott.

Környezeti hatások

Az ökológiai igények alapján a burgonya erősen eltér a paradicsomtól és paprikától. A burgonya a másik két fontos dél-amerikai növénnyel ellentétben a hűvösebb klímát kedveli, a gumóképződésnek nem kedvez a meleg. A magyar klíma egyre gyakrabban szinte lehetetlenné teszi a gazdaságos burgonyatermesztést. A paradicsom és a paprika jobban tűri a meleget, de a hazai szabadföldi paprikatermesztés jelentős területi csökkenésében a klímaváltozásnak jelentős szerepe van. A szabadföldi paprika termés ízvilága, héj vastagsága teljesen eltér az üvegházban, fólia alatt termesztettől. Az egyre szárazabb és erősebb UV sugárzás ellen szinte minden növényfajban megjelennek vastagabb, fényesebb levelű fenotípusok, amelyeknek jobb az általános alkalmazkodó képessége. A paradicsom high pigment hp-1, hp-2 mutánsai sötétzöld levelük miatt több klorofillt, likopint és karotinoidokat tartalmaznak. Hasonlóak az uborka dwarf és super compact mutánsai. A törpe növés legtöbb esetben a haragosabb zöld és keményebb levéllel szövettel párosul. Több ilyen törpe, 10–20 cm magas paprika mutáns ismert (*dwx, sdx*). A paprika szemidomináns *bil* génjét tartalmazó vonalak levelei már csíra korban is felismerhetők. A növény fejlődésével, különösen az idősebb levelek egyre sötétebbek és fényesebb felületűek lesznek. Egy folyamatban levő vizsgálat (SPAD, FlourPen) ezt a vizuálisan értékelhető tulajdonságot számszerűen bizonyítja (Kovács és mtsai 2026).

IRODALOM

Almási, A., Csilléry, G., Csömör, Zs., Nemes, K., Palkovics, L., Salánki, K. and **Tóbiás, I.** (2015): Phylogenetic analysis of Tomato spotted wilt virus (TSWV) NSs protein demonstrates the isolated emergence of resistance–breaking strains in pepper. Virus Genes, 50: 71–78.

Black, L., Hobbs, H. and **Kammerlohr, D.** (1996): Resistance of *Capsicum chinense* lines to tomato spotted wilt virus isolates from Louisiana, USA, and inheritance of resistance. Acta Hortic., 431: 393–401.

Boukema, I. W. (1980): Allelism of genes controlling resistance to TMV in *Capsicum* L. Euphytica, 29: 433–439.

Boukema, I. W. (1982): Resistance to a new strain of TMV in *Capsicum chacoense* Hunz. Capsicum Newsletter, 1: 49–51.

Boukema, I. W., Jansen, K. and **Hofman, K.** (1980): Strains of TMV and genes for resistance in *Capsicum*. IV. Eucarpia Capsicum Working Group, Wageningen, Proceedings, 44–46.

Cook, A. A. and **Stall, R. E.** (1963): Inheritance of resistance in pepper to bacterial spot. Phytopathology, 53: 1060–1062.

Csilléry, G. and **Ruskó, J.** (1980): The control of a New Tobamo virus strain by a resistance linked to anthocyanin deficiency in pepper *(Capsicum annuum)*. IV. Eucarpia Capsicum Meeting, Wageningen, 40–43.

Csilléry, G. and **Ruskó, J.** (1983): Single lesion technique for the purpose of identification of the alleles on the *L* locus in *Capsicum*. V. Capsicum and Eggplant Meeting, Plovdiv, 81–83.

Csilléry, G., Saccardo, F. and **Andrásfalvy, A.** (1989): Optimal possibilities for the selection of a population derived from interspecific crosses, *Capsicum baccatum* × *C. praetermissum*, under direct sowing conditions near Naples. VII. Capsicum and Eggplant Meeting, Kragujevac, 61–64.

Csilléry, G., Szarka, E., Sárdi, É., Mitykó, J., Kapitány, J., Nagy, B. and **Szarka, J.** (2004): The unity of the plant defense: Genetics, breeding and physiology. XII.

Eucarpia on Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant Noordwijk, 147–153.

Csilléry, G., Mitykó, J., Szarka, E. and **Szarka, J.** (2007): Genetics of interactions between general and specific plant defense reactions. XIII. Eucarpia Capsicum and Eggplant. Warsaw, 59–69.

Csilléry, G., Gatto, G. and **Fári, M**. (2016): What kind of root should a pepper plant have? XVI. Eucarpia Capsicum and Eggplant Meeting, Kecskemét, 59–65.

Djian-Caporalino, C., Fazari, A., Arguel, M. J., Vernie, T., VandeCasteele, C., Faure, I., Brunoud, G., Pijarowski, L., Palloix, A., Lefebvre, V. and **Abad, P.** (2007): Root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) *Me* resistance genes in pepper (*Capsicum annuum* L.) are clustered on the P9 chromosome. Theor. Appl. Genet., 114(3): 473–486.

Fery, R. L., Dukes, P. D. and **Thies, J. A.** (1998): 'Carolina Wonder' and 'Charleston Belle': Southern root-knot nematode-resistant bell peppers, HortScience, 33(5): 900–902.

Guerrero-Moreno, A. and **Laborde, J.** (1980): Current Status of Pepper Breeding for Resistance to *Phytophthora capsici* in Mexico. IV. Eucarpia Capsicum Meeting, Wageningen, 52–56.

Hare, W. W. (1957): Inheritance of resistance to root-knot nematodes in pepper. Phytopathology, 47: 455–459.

Holmes, F. O. (1934): A genetic factor for localization of tobacco-mosaic virus in *Capsicum*. Science, 79: 374.

Holmes, F. O. (1937): Inheritance of resistance to tobacco-mosaic disease in the pepper. Phytopathology, 27: 637–642.

Jones, J. B., Minsavage, G. V., Roberts, P. D., Johnson, R. R., Kousik, C. S., Subramanian, S. and **Stall, R. E.** (2002): A non-hypersensitive resistance in pepper to the bacterial spot pathogen is associated with two recessive genes. Phytopathology, 92(3): 273–277.

Kovács, Zs., Tarnawa, Á., Pápai, B., Szamosi, Cs. and **Csilléry, G.** (2026): Evaluation of brillant leaved pepper (*Capsicum annuum* L.) mutants chlorophyll flourescence and spad readings XIX. Eucarpia Capsicum and Eggplant Meeting, Wageningen, No 4.

Márkus, F., Kapitány, J., Csilléry, G. and **Szarka, J.** (2001): *Xanthomonas* resistance in Hungarian spice pepper species. Int. Jour. of Hort. Sci., 7(3–4): 68–71.

Mitykó, J., Andrásfalvy, A., Csilléry, G. and **Fári, M. (**1994): Efficient anther derived homozygous plant production from two pepper species (*C. annuum, C. baccatum* var. *pendulum*) and from back-crossed progenies of interspecific hybrids (*C. annuum* × *C. chinense, C. baccatum* var. *baccatum* × *C. annuum*). VIII International Symposium of plant tissue and cell culture, Firenze, 84.

Mitykó, J., Andrásfalvy, A., Csilléry, G. and **Fári, M.** (1995): Antherculture response in different genotypes and F1 hybrids of pepper (*Capsicum annuum* L.). Plant Breeding, 114: 78–80.

Murthy, H. M. K. and **Deshpande, A. A**. (1997): Studies on genetics of powdery mildew (*Leveillula taurica* (Lév.) Arn.) resistance in chilli (*Capsicum annuum* L**.)** Vegetable Science, 24: 127–131.

Palotás, G. (2016): 20 years of non-hypersensitive, non-specific, recessive resistance in pepper – review. XVI. Eucarpia Capsicum and Eggplant Meeting, Kecskemét, 302–304.

Peterson, P. (1959): Linkage of fruit shape and color genes in *Capsicum*. Genetics, 44: 407–419.

Rast, A. (1977): Introductory remarks on strains of TMV infecting peppers in the Netherlands. III. Eucarpia Capsicum Meeting, Montfavet-Avignon, 83–84.

Riley, M. K. and **Bosland, P. W.** (1995): Evaluation of techniques for screening Verticillium wilt of *Capsicum annuum*. Hort. Sci., 30(4): 820–821.

Ruskó, J. and **Csilléry, G.** (1980): Selection for CMV resistance in pepper by the method developed by Pochard. IV. Eucarpia Capsicum Meeting, Wageningen, 37–39.

Salamon P. (2006): Növények és vírusok kapcsolatai a paprika (Capsicum)-tombavírus patoszisztémákban. Doktori (PhD) értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, 129.

Sárdi, É., Szarka, E., Csilléry, G. and **Szarka, J.** (2006): Biochemical examination of the general defense system of plants by OPLC. Jour. of Planar Chromatogr., 19: 233–237.

Szamosi, Cs., Palotás, G., Tímár, Z., Pápai, B., Kovács, Zs., Fári, M., Ruskó, J., Gatto, G. and **Csilléry, G.** (2023): Current status, challenges and breakout opportunities in pepper breeding. XVIII. Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Capsicum and Eggplant, Plovdiv, 2. előadás.

Szarka, J. and **Csilléry, G.** (1995): Defence system against *Xanthomonas campestris* pv. *vasicatoria* in pepper. Xth Capsicum and Eggplant Meeting, Budapest, 184–187.

Szarka, J. and **Csilléry, G.** (2001a): General defense system in the plant kingdom. International Journal of Horticultural Science, Budapest, 7(1): 79–84.

Szarka, J. and **Csilléry, G.** (2001b): General defense system in the plant kingdom II. International Journal of Horticultural Science, Budapest, 7(3–4): 73–77.

Szarka, J., Sárdi, É., Szarka, E. and **Csilléry, G.** (2002): General defense system in the plant kingdom III. International Journal of Horticultural Science, 8(3–4): 45–54.

Szarka, E., Szarka, J. and **Csilléry, G.** (2006a): The role of the general defense reaction in the resistance breeding of pepper against the *Xanthomonas vesicatoria* bacterium. 18. International Pepper Conference, Palm Springs, 8–9.

Szarka, J., Szarka, E. and **Csilléry, G.** (2006b): The general defense reaction of plants. Plant resistance symposium. Non-specific and specific innate and acquired plant resistance. Budapest, 3. Proceedings, 78.

Szarka, E., Szarka, J. and **Csilléry, G.** (2010): The General Defense Reaction (GDR) which determines the degree of susceptibility in pepper. 20th Internat. Pepper Conf. Las Cruces, 32.

Szarka, J., Tímár, Z., Hári, R., Palotás, G. and Péterfi, B. (2022): General defense response under biotic stress and its genetics at pepper (*Capsicum annuum* L.). Sustainability, 14: 6458

Szarka, J., Timár, Z., Hári, R. and Péterfi, B. (2026): Interaction between genes encoding the tissue-destructing (HR) and tissues-preserving reaction (GDR) in pepper resistance breeding. XIX. Eucarpia Capsicum and Eggplant Meeting, Wageningen, No 37.

Szirmai J. (1941): A fűszerpaprika leromlását megindító újhitűségnek nevezett virus-betegségről. (About the virus disease, called "újhitűség", causing pepper decline.) Növényegészségügyi Évkönyv 1. (1937–1939): 109–133.

Tóbiás, I., Csilléry, G., Nemes, K., Almási, A. and **Salánki, K. (**2016): Evergreen question: whether Tobamoviruses are transmitted via pepper seeds or not? XVI. Eucarpia Capsicum and Eggplant Meeting, Kecskemét, 76–79.

Todorova, V. (2023): Results during the last 20 years and priorities in the future breeding and research work with pepper (*Capsicum annuum* L.) at Maritsa Vegetable Crops Research Institute, XVIII. Eucarpia Meeting on Capsicum and Eggplant, Plovdiv, 44.

LOOKING BACK AT THE LAST HUNDRED YEARS OF PEPPER RESISTANCE BREEDING

A NEW ERA BEGINS

G. Csilléry

PepGen Kft. H-1114 Budapest, Bartók B. út 41, Hungary
E-mail: csillerygabor48@gmail.com

In addition to potatoes and tomatoes, two important food plants of the family Solanaceae, paprika, which is also consumed as a fresh vegetable and spice, is an important cultivated plant in Hungary. Of the 30-35 wild *Capsicum* species, which represent a huge gene reserve, the indigenous people of South America cultivated and consumed 5 species, including the most well-known for today's humans, the *Capsicum annuum* species. Resistance breeding, which provides protection against countless pathogens and pests of peppers, began more than a hundred years ago, using the gene pool of wild species. Thanks to the work of countless researchers, including Hungarians, world-class results have also been achieved. At present, we are at the end of an era, a new era is beginning in plant breeding, which means the application of other methods and especially artificial intelligence.

Keywords: *Capsicum*, Tobamovirus, *Xanthomonas*, *Leveillula*, *Meloidogyne*, resistance, a new era

Érkezett: 2026. szeptember 28.

MEGTÉVESZTŐ ILLAT, VÉGZETES DÖNTÉS: A BIRS ILLATA *(CYDONIA OBLONGA)* PETERAKÁSRA CSÁBÍTJA A DIÓBUROK-FÚRÓLÉGY (*RHAGOLETIS COMPLETA*) NŐSTÉNYEIT

Molnár Béla Péter[1], Erdei Anna Laura[1], Simon Janka[2], Kiss Balázs[1] és **Kárpáti Zsolt[1]**

[1] HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézet, Kémiai Ökológiai Osztály
[2] HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Növényvédelmi Intézet, Állattani Osztály,
1116 Budapest, Fehérvári út 132.
e-mail: molnar.bela.peter@atk.hun-ren.hu

A tápnövény felismerése és tojásrakás céljából történő elfogadása alapvető a fitofág rovarok szaporodási sikerében, ennek ellenére a nem megfelelő gazdanövényeken történő téves tojásrakás sem ritka jelenség. Több egymást követő szezonban nagy egyedszámban figyeltük meg a dióburok-fúrólégy (Rhagoletis completa) *imágóit birs növényeken* (Cydonia oblonga), *ahol a gyümölcsökön tojásrakási nyomokat, valamint petéket és frissen kikelt lárvákat is találtunk. Elektrofiziológiai és viselkedési vizsgálatokkal tanulmányoztuk a birs és a dió illékony vegyületeire adott érzékszervi és viselkedési válaszokat.*

A nőstények különösen erős pozitív választ mutattak a birs termésének illékony vegyületeire, ami arra utal, hogy a gazdanövény felismerése nem kizárólag gazdaspecifikus kémiai ingereken alapul. Eredményeink alapján a specializált dióburok-fúrólégy természetes körülmények között a birset tojásrakásra alkalmas gazdanövényként ismeri fel és fogadja el, annak ellenére, hogy a birs ún. dead-end host*-ként nem biztosít megfelelő feltételeket az utódok sikeres fejlődéséhez, így a lárvák elpusztulnak.*

Kulcsszavak: dióburok-fúrólégy, *Rhagoletis completa*, dead-end tápnövény, birs, rovarszaglás

A diótermesztés hazánkban nagy múltra tekint vissza, köszönhető ez részben a termesztés kedvező üzemgazdasági megítélésének (Bujdosó és Cseke 2021), részben pedig a kedvező termesztési körülményeknek, hazai fajtaválasztéknak (Apáti 2014). A diót növényvédelmi szempontból, korábbi tapasztalatok alapján nem soroltuk a jelentős beavatkozást igénylő kultúrák közé. Hagyományosan egyszerűen művelhető, különös ráfordítást nem igénylő kultúrának tartják, mely extenzív körülmények között is kielégítő terméshozamot eredményez. Telepítéskor a beruházási igénye más intenzív gondozást igénylő fajokhoz képest alacsonyabb, viszont ennek megtérülése csak a 7-8 évtől – a teljes termőre fordulástól – várható.

A dió hazai termőterülete az elmúlt években folyamatosan növekedett. A KSH adatai szerint 2015-ben mintegy 4550 hektáron, 2019-ben pedig már közel 6000 hektáron termesztették (KSH 2025). Területnagysága alapján a dió, az alma és a meggy után a harmadik legnagyobb területen termesztett gyümölcsfaj Magyarországon (KSH 2025). A hazai dió magas minősége és az Európában termesztett fajtákhoz képest korábbi érése kedvező termesztési és piaci lehetőségeket biztosít. Magyarországon 2019-ben mintegy 7088 tonna héjas, szárított diót termeltek (FAO 2019). A diótermesztés gazdaságosságát több növényegészségügyi tényező is kedvezőtlenül befolyásolhatja, amelyek a termés mennyiségének és minőségének csökkenéséhez, valamint a termesztési költségek növekedéséhez vezethetnek (Zabiák és mtsai 2023).

A nyugati dióburok-fúrólégyet (*Rhagoletis completa*, Tephritidae, Diptera) a kereskedelmi diótermesztés egyik legfontosabb kártevőjeként tartják számon. A kártevő nemzetközi kereskedelemre gyakorolt gazdasági hatása jelentős, az éves károkat mintegy 79 millió euróra becsülik

(Verheggen és mtsai 2017). A nőstények a dió-termések epidermisze alá tojáscsomókat helyez-nek. A kikelő lárvák táplálkozása, fekete színű nekrotikus elváltozásokat idéz elő a termés fel-színén. A károsított termések a felgyorsult öregedési folyamat következtében idő előtt lehullanak, miközben a dióbél érzékszervi tulajdonságai ösz-szességében romlanak. Ezen túlmenően a sérült termések fogékonyabbá válnak a másodlagos fertőzésekre, ami tovább fokozza a termésvesz-teséget. Hatékony növény-egészségügyi védeke-zési intézkedések hiányában a dióburok-fúrólégy fertőzés következtében a diótermés akár 80%-a is elveszhet (Verheggen és mtsai 2017).

A nyugati dióburok-fúrólégy egy specializált tephritid gyümölcslégy, amely Észak- és Közép-Amerikában őshonos. Európában elő-ször 1988-ban, Svájcban észlelték, és azóta az elmúlt három évtizedben elterjedt Európa-szer-te. Hazánkban első ízben 2011-ben figyelték meg kártételét (Tuba és mtsai 2012). Mivel a kontinensen nincsenek áthatolhatatlan földraj-zi akadályok, feltételezhető, hogy a dióburok-fúrólégy még nem érte el potenciális elterjedési területének határait.

A dióburok-fúrólégy egynemzedékes (uni-voltin), hosszú ideig tartó diapauzával a talaj-ban, és kifejlődését, illetve rajzását szorosan összehangolja tápnövényeinek termésfenológiai sajátosságaival. Tápnövény-spektruma alapján a dióburok-fúrólégy sztenofág rovarnak tekinthe-tő, vagyis egyetlen növénynemzetséghez tartozó növényeken táplálkozik. Medic és munkatársai (2022) a *R. completa* esetében tíz tápnövényt azonosítottak. Kereskedelmi szempontból leg-fontosabb tápnövénye a közönséges dió *(Juglans regia),* míg az őshonos tápnövényének számító fekete dió (*Juglans nigra*) kisebb kereskedelmi jelentőségű. Emellett a *Juglans microcarpa, J. major, J. hirsuta, J. hindsii, J. californica* és *J. mollis* fajokat is természetes tápnövényeként tart-ják számon (EPPO, CABI). A dióburok-fúrólégy alternatív tápnövényeiről korlátozott ismeretek állnak rendelkezésre, amelyek a *Juglans* nemzet-ségen kívüli, potenciális rezervoárként szolgál-hatnak. Yee és Goughnour (2008) arról számol-tak be, hogy szabadföldön gyűjtött galagonyából (*Crataegus*) dióburok-fúrólégy imágók keltek ki. Boyce (1934) szerint az őszibarack is alkalmas tápnövény lehet ezen faj számára, különösen ak-kor, ha későn érő fajtákat diófák közelében ter-mesztenek. Laboratóriumi tojásrakási kísérletek kimutatták, hogy nőstényei petéztek körtére, nek-tarinra, almára és számos más növényre is. Emel-lett a nőstények megkísérelték a tojásrakást fügén, szőlőn, fügekaktuszon, pekándión, avokádón és gránátalmán is, azonban ezek a kísérletek nem hoztak érdemi tojásrakást (Boyce 1934, Rull ás mtsai 2014). Ugyanakkor ezek a kísérletek nem bizonyító erejűek mert nem hagytak választást a nőstények számára, melyek ha egy ideig nem ta-lálnak megfelelő növényt gyakorlatilag bármilyen elérhető felületre lerakhatják a tojásaikat. Mégis ezen megfigyelések arra utalhatnak, hogy bizo-nyos körülmények között a dióburok-fúrólégy nőstényei a diófélékén kívül más növényekre is lerakhatják tojásaikat.

A rovarok tápnövény-keresése és a tojásrakási hely kiválasztása egy összetett viselkedési folya-mat; amely közvetlenül befolyásolja az utódok túlélését (Gripenberg 2010). A növényevő ro-varoknál ismeretes hogy a nőstények úgymond hibázhatnak és az utodók számára alkalmatlan gazdanövényre rakják tojásaikat. A fitofág rova-rok tápnövény-specializációjának mértéke ösz-szefügghet a tojásrakás pontosságával: a polifág fajok nőstényei általában kevésbé akurátusan különítik el az utódok fejlődése szempontjából kedvező és kedvezőtlen tápnövényeket, ezért nagyobb valószínűséggel rakhatnak tojást nem megfelelő gazdanövényekre, mint a specializál-tabb fajok (Gripenberg és mtsai 2010, Holm és mtsai 2018).

Hasonló téves tojásrakási jelenséget figyeltünk meg 2021-ben és 2022-ben, amikor Romhányban, nagyszámú dióburok-fúrólégy imágót észleltünk európai birsfákon *(Cydonia oblonga)*. Közelebbi vizsgálatok során ezek az imágók a természetes tápnövényükön megfigyelhető jellegzetes viselke-dést mutatták, beleértve az udvarlási viselkedést, a hímek területvédő magatartását, a hím egye-dek közötti agresszív interakciókat az udvarlási helyekért, az imágók táplálkozását, valamint a nőstények tojásrakását. A vizsgált terméseken a dióról ismeretes tojásrakási nyomokhoz hasonló szúrásnyomokat is találtunk. A birs termésének

epidermisze alatt tojáscsomókat és frissen kikelt lárvákat is megfigyeltünk. A morfológiai bélyegeken alapuló taxonómiai azonosítás mellett, az imágókon végzett molekuláris vizsgálatok megerősítették, hogy a faj valóban a nyugati dióburok-fúrólégy volt.

Jelen tanulmányban ezen atipikus gazda–tápnövény kapcsolatot olfaktorikus szempontból vizsgáltuk annak feltárása érdekében, hogy a dióburok-fúrólégy nőstényei miért értékelik ideális tojásrakási helyként az európai birs terméseit, annak ellenére, hogy a gyümölcs beltartalmi tulajdonságai nem biztosítják a lárvák sikeres fejlődéséhez szükséges feltételeket. A birs ezért úgynevezett zsákutca-tápnövényként (dead-end host) szolgál, amelyre a nőstények tojásokat raknak ugyan, azonban a kikelő lárvák nem képesek kifejlődni és elpusztulnak. Több kísérletet végeztünk annak vizsgálatára, hogy a téves tojásrakás jelenségét befolyásolják-e kémiai ingerek. Vizsgáltuk mindkét növényfaj leveles ágainak és terméseinek illatanyag-profilját, valamint értékeltük a két profil közötti hasonlóságokat és különbségeket. Gázkromatográfiával kapcsoslt rovarcsáp detektoros (GC-EAD) és gázkromatográfiával kapcsolt ajaktapogató detektoros (GC-EPD) elektrofiziológiás vizsgálatokkal igyekeztünk feltáráni, hogy mely birsből származó illékony vegyületeket érzékelhetik a dióburok-fúrólégy imágók, amelyek potenciálisan befolyásolhatják a tojásrakási viselkedést is. Több viselkedési kísérletet is végeztünk a birs termés iránti választási preferencia vizsgálatára, valamint annak értékelésére, hogy a dióval kompetitíven összehasonlítva mutatnak-e preferenciát a birs irányában.

A faj kémiai ökológiájának mélyebb megértése hozzájárulhat az imágók számára vonzó illékony vegyületek azonosításához, amelyek lehetőséget teremthetnek a dióültetvényekben történő, párosodás előtti csapdázásra.

Anyag és módszer

Növényi és rovaranyag gyűjtése

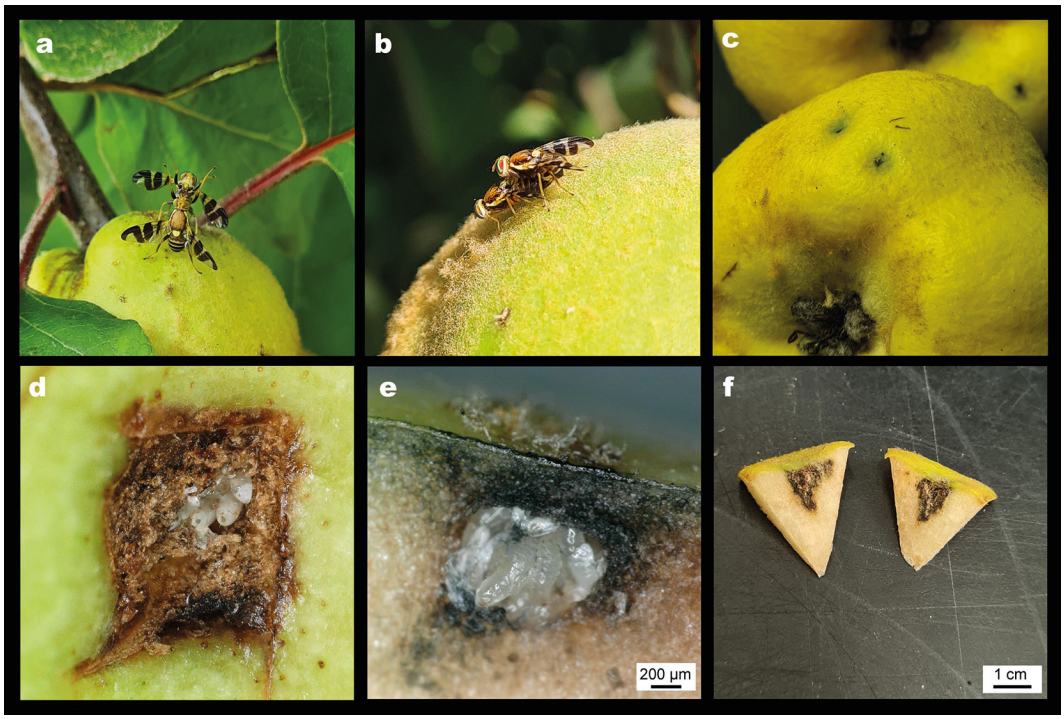
A növényi és rovarmintákat egy szoliter, házikertben nevelt birsalmafáról (*Cydonia oblonga,* Bereczki birs) gyűjtöttük. A fa körülbelül 30 éves, hatalmas polikormont képez és kb. 4,5 m magas és 6 m széles lombkoronával bír Romhány közelében (N 47.915056, E 19.257526, Nógrád megye). A birsfa közelében lévő kertekben, közterületen számos diófa volt található eltérő fertőzöttségi szinttel. A birs gyümölcsökből húsz darab birsalmát gyűjtöttünk be, amelyeken elszíneződés, fekete pontok, korábbi vagy friss tojásrakási nyomok voltak megfigyelhetők, míg további húsz gyümölcsöt megjelöltünk és a fán hagytunk kontrollcsoportként. A begyűjtött gyümölcsöket laboratóriumi körülmények között tároltuk (21 ± 1 °C, 50–60% relatív páratartalom) és a lárvafejlődést heti rendszerességgel két hónapon keresztül követtük nyomon, összehasonlítva a fán hagyott gyümölcsökkel.

A helyszínen rovarszippantóval begyűjtött dióburok-fúrólégy imágókat 70%-os etanolban elöltük, majd morfológiai azonosításukat Bush (1969) és Foote (1981) határozó bélyegei alapján végeztük el. Továbbá molekuláris vizsgálatokat is végeztünk.

Dióburok-fúrólégy viselkedésének megfigyelése birsgyümölcsön

Helyszíni megfigyelések során dokumentáltuk a gyümölcslegyeknél ismeretes hím egyedek közötti agresszív területvédő viselkedést és fizikai kontaktust *(1a. ábra)*. Megfigyeltük továbbá az érkező nőstényekkel szembeni udvarlást majd párosodást *(1b. ábra),* illetve a nőstények tojásrakását is. A tojásrakást követően a hím legyek gyakran tovább őrizték a tojásrakó helyeket. Imágók előfordultak a közeli szórványdiófákon is, azonban számuk jelentősen alacsonyabb volt, mint a birs fán észlelteké. A megfigyeléseket az első észlelés után heti rendszerességgel végeztük.

Az epidermális hegeket mutató gyümölcsöket sztereomikroszkóppal vizsgáltuk, majd a gyümölcsök epidermiszrétegét szikével felnyitottuk, hogy igazoljuk a tojásrakás tényét. Minden megfigyelést digitális mikroszkóppal dokumentáltunk (Keyence VHX-5000, Keyence Corporation, Osaka, Japán).



1. ábra. a) Dióburok-fúrólégy *(Rhagoletis completa)* hímek, párharca birsalma termésen a nőstények csalagotásához ideális helyekért, b) párzó dióburok-fúrólégy egyedek birsalmán, c) nőstények által okozott tojásrakás nyomok birsalma termésen, d) birsalma felnyított héja a tojáskamrával benne a frissen kikelt lárvákkal, e) tojáskamra keresztmetszete, a második stádiumú lárvákkal (L2), amelyek a tojások héját és a birsalma szövetét fogyasztják. f) Az érintett gyümölcsszövet boncolása barna nekrotikus elváltozást tárt fel, amelyet a lárvák táplálkozása okozott. Ekkor lárvát már nem találtuk a szövetekben.

Növényi illatanyaggyűjtés és kémiai szerkezetmeghatározás gázkromatográfiával kapcsolt tömegspektrográffal (GC-MS)

Az illatminta gyűjtéseket három ismétlésben végeztük, egyidejűleg három gyümölcsöt és/vagy leveles hajtást használva. A közönséges dió (*Juglans regia*) esetében a fenológiai állapot az ún. BBCH skála szerinti 79, azaz a gyümölcsök 90%-a elérte a végső méretét, míg a birs (*Cydonia oblonga*) esetében BBCH 85, azaz előrehaladott érési vagy színeződési fázisok voltak (Lancashire és mtsai 1991). A levágott ágakat és gyümölcsöket konyhai sütőtasakokba (35 cm × 43 cm, Hewa GmbH, Németország) helyeztük. A légteret 1 órán keresztül telítettük a mintavételek előtt. A tasakok egyik oldalán aktívszén-szűrős levegőbemenetet (30 g), a másik oldalán pedig PTFE csövekkel csatlakoztatott adszorbens filtereket helyeztünk el, melyek 50 mg HaySep Q (80–100 mesh, SigmaAldrich) adszorbenst tartalmaztak. A mintavételezések 2 órán át tartottak, majd a megkötött illékony vegyületeket 300 µl hexánnal (tisztaság: 99,9%, VWR Chemicals) eluáltuk a filterekről és –40 °C-on tároltuk. Az extraktumokat ezt követően elektrofiziológiás mérésekre (GC-EAD, GC-EPD) és a vegyületek előzetes azonosítására (GC-MS) használtuk fel.

Az illatanyagmintákat az illékony komponensek kémiai azonosítása céljából gázkromatográffal kapcsolt tömegspektrométerrel (GC-MS) (Agilent 5890 GC és 5973 MS (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA) vizsgáltuk. A mintákat non-polár kapilláris oszlopon (HP-5 UI, 30 m × 0,25 mm × 0,25 µm, J&W) futtattuk. Az injektor hőmérséklete 250 °C volt és 0,5 perces splitless módot alkalmaztuk

az injektáláskor. A kályha hőmérsékletét 1 percig 50 °C-on tartottuk a minta injektálása után, majd 10 °C/perc sebességgel 280 °C-ra emeltük, ahol további 10 percig hőn tartottuk. A vivőgáz (hélium) áramlási sebessége 1,0 ml/perc volt. Pozitív elektronionizációs (EI+) üzemmódban, 70 eV elektronenergiával, 2 szkennelés/másodperccel, 35–400 m/z tartományban üzemeltettük a készüléket.

A vegyületek előzetes azonosítása a tömegspektrumok NIST 23 és Wiley adatbázisokkal való összehasonlításával történt (MassHunter B.08.00, Agilent USA). Minden vegyület esetén kiszámítottuk a Kováts-féle retenciós indexet (RI) C8–C20 alkán standard sor alapján. Az így kapott RI értékeket összevetettük a NIST adatbázisban szereplő adatokkal. Ezen túlmenően a tömegspektrumokat, retenciós időket és RI-értékeket összehasonlítottuk a nagy tisztaságú szintetikus standardokkal (>98%, Sigma Aldrich), amennyiben rendelkezésre álltak. A növényi részek illékony vegyületeinek gyűjtése mellett kontrollméréseket is végeztünk, amelyek csak üres sütőtasakokat és adszorbens szűrőket tartalmaztak. Az elemzés pontosságának biztosítása érdekében a kontrollmintákban detektált vegyületeket kivontuk a növényi mintákból nyert adatokból.

Rovarcsáp- és ajaktapogató detektoros gázkromatográfiás (GC-EAD/EPD) vizsgálatok

A dióburok-fúrólégy illatanyag-érzékelésének vizsgálatához az összegyűjtött illatanyagokkal elektrofiziológiás méréseket végeztünk a rovar csápjain és ajaktapogatóin. A dió és a birs gyümölcsökről gyűjtött illékony anyagokat gázkromatográffal kapcsolt elektroantennográfiás (GC-EAD) és elektropalpigráfos (GC-EPD) módszerrel vizsgáltuk.

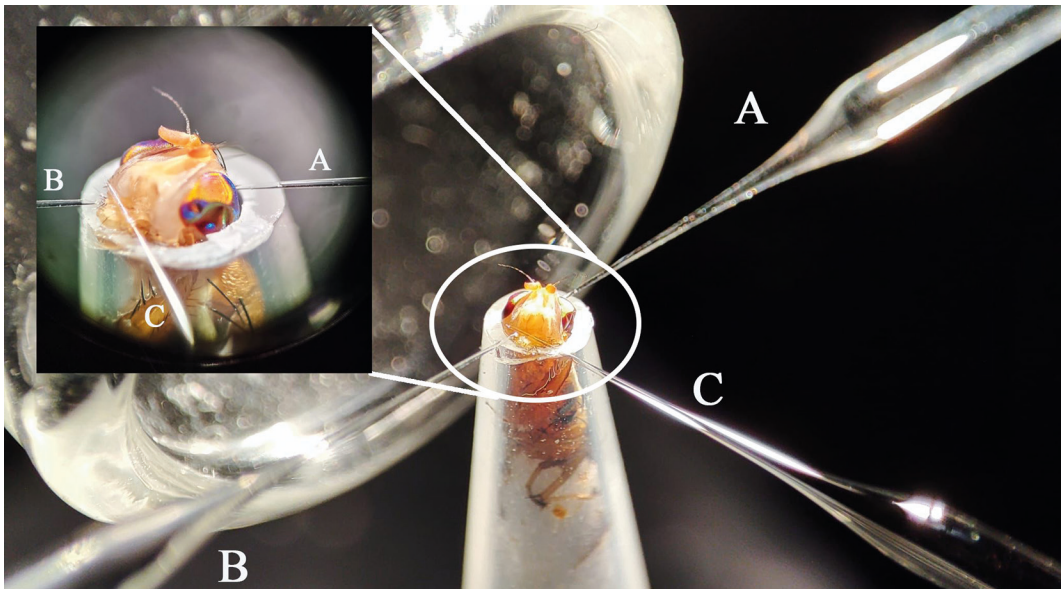
A mérésekhez Agilent 6890N típusú gázkromatográfot (GC) használtunk (Agilent Technologies), amely HP-5 non-poláris kapilláris oszloppal (30 m × 0,32 mm × 0,25 µm, J&W Scientific, Folsom, CA, USA) és lángionizációs detektorral (FID) volt felszerelve. Az illékony mintákból 2 µl-t injektáltunk 220 °C-os injektorba, splitless módban. A kályha hőmérsékletét 1 percig 50 °C-on tartottuk az injektálás után, majd 10 °C/perc sebességgel 230 °C-ra emeltük. Vivőgázként nagy tisztaságú héliumot használtunk, állandó 2 ml/perc áramlási sebességgel.

A GC-analitikai oszlop kimenetét két bevonat nélküli kapilláris oszlopra (100 cm × 0,32 mm) osztottuk. Az egyik a FID kémiai detektorhoz (280 °C), a másik pedig egy fűtött transfer lineon keresztül (240 °C) az EAD csápdetektorhoz (Syntech, Kirchzarten, Németország) vezetett. Ennek köszönhetően a GC-be injektált minta fele a kémiai detektorhoz (FID) másik fele pedig szimultán a rovarcsáp preparátumra (EAD) került. A csáp irányába az oszlopról leváló illékony vegyületek aktívszénszűrőn át tisztított, párásított levegőáramba (1 l/perc) kerültek, amely azokat a csáppreparátumokhoz szállította.

A kifejlett gyümölcslégy egyedeket pipettahegybe helyeztük (100–1000 µl), melynek végét levágtuk, hogy a fej szabadon hozzáférhető legyen. Egy nedvesített vattagolyóval rögzítettük a rovart a pipettában, melyet az áramló levegő irányába pozicionáltunk *(2. ábra)*.

A mérésekhez Ringer-oldattal töltött üvegkapillárisokat csatlakoztattunk ezüst elektródákhoz, majd egy előerősítőhöz (10× erősítés; EAG Combi Probe, Ockenfels Syntech GmbH, Németország), az adatokat digitálisan rögzítettük (IDAC-2 konverter). Az EAD mérések során a referenciaelektródát a fejkapszula poszterior régiójába szúrtuk, míg a felvételező elektródát a csáp csúcsi részéhez értintettük mikromanipulátorok segítségével. Az elektropalpigráfos (EPD) mérésekhez a referenciaelektródát szintén a fej poszterior régiójába, a felvételező elektródát pedig az ajaktapogató (maxillary palp) végéhez. Egy harmadik, üres üvegkapillárist mikromanipulátorral mozgatva úgy rögzítettünk, hogy stabilizáljuk az ajaktapogatót és kiküszöböljük a szájszerv mozgását *(2. ábra)*.

Az EAD/EPD méréseket mindkét ivar esetében három ismétlésben végeztük minden növényi minta esetén. Csak a repetitív elektrofiziológiás válaszokat elemeztük tovább a Syntech GC-EAD szoftverrel (verzió 1.2.3). Az adatfeldolgozást Biasazin és mtsai (2018) módszertana alapján



2. ábra. Pippettahegyben immobilizált dióburok-fúrólégy egyed, előkészítve a gázkromatográffal kapcsolt elektropalpigráfos (GC-FID/EPD) vizsgálathoz. A referencia kapilláris a fej hátsó részéhez (A), a felvételező kapilláris az egyik ajaktapogatóhoz érintve (B), a harmadik kapilláris (C) biztosítja, hogy az ajaktapogató mozdulatlan maradjon. Fotó: Kecskeméti Sándor és Molnár Béla Péter

végeztük. Minden kromatogramot a saját átlagos csápválaszához normalizáltunk. A hőtérképes ábrázoláshoz az így normalizált válaszokat a megfelelő vegyületre adott arányos válaszokká alakítottuk. A három ismétlésből kapott értékeket átlagoltuk, majd log-transzformációt alkalmaztunk. Ezt az adatelemzési módszert egységesen alkalmaztuk minden EAD/EPD mérésre.

Y-olfaktométeres viselkedési vizsgálatok

Választásos viselkedési kísérleteket végeztünk a terepi megfigyeléseink alátámasztására, miszerint a dióburok-fúrólégy imágói érdeklődést mutatnak-e a birsalma iránt. Továbbá, hogy az illatmintázatuk alapján – vizuális ingerek nélkül – az imágók előnyben részesítik-e a birsalmát a dióval szemben. A vizsgálatokhoz kétválasztásos Y-olfaktométert használtunk. Az állandó légáramlást egy levegőpumpa biztosította. A beáramló levegőt aktívszén szűrőn (30 g) vezettük át, majd desztillált vízzel párásítottuk. A szűrt és párásított levegőt két irányba osztottuk, majd mindkét ágat külön sütőtasakhoz (35 × 45 cm, Toppits) csatlakoztattuk. A növényi mintákat külön-külön helyeztük el a sütőtasakokban. A minták illatanyagait tartalmazó levegőt tefloncsöveken keresztül vezettük az Y-cső elágazásainak végeihez. Az Y cső két ágában az azonos légáramlást szabályozható áramlásmérők biztosították (0,5 l/perc). A rendszer minden csöve teflonból készült, az üvegeszközök pedig Duran típusú csiszolt üvegillesztésekkel voltak ellátva.

A nappal aktív imágók mozgásának ösztönzésére LED-fényforrást (V-TAC G-series, 36W, 4320 lm, 4500K) helyeztünk el 1 méterre a berendezés mögött. A kísérleteket 21±1 °C hőmérsékleten és 50–55% relatív páratartalom mellett végeztük.

A imágók birsalma és dió közötti választási preferenciájának összehasonlításához a fent leírt rendszert használtuk. Kb. 500±50 g birsalma- és diógyümölcsöt helyeztünk a sütőtasakokba, majd elindítottuk a légáramlást. Az imágókat tízesével az indító üvegcsőbe helyeztük, melyek csiszolatos oldala illeszkedett az Y-cső bemeneti részéhez, a másik oldalát drótháló zárta le. A fényforrás bekapcsolása után megfigyeltük az imágók mozgását a légárammal szemben és a választást az Y-cső két ága között. Választásnak minősült,

amikor a rovarok legalább a távolság 85%-át megtették a választott irányban. A nőstény és hím egyedeket külön-külön vizsgáltuk, és a kísérletet tízszer ismételtük, így összesen 10×10 nőstény és hím viselkedését követtük. Az imágóknak 5 perc állt rendelkezésre a választáshoz. A pozíciós hatás kiküszöbölése érdekében az Y-üvegcsövet minden második ismétlés után 180°-kal elforgattuk hosszanti tengelye mentén. A kísérlet során a nem reagáló egyedeket sem zártuk ki az adatelemzésből. Az olfaktométer üvegalkatrészeit minden kísérlet után acetonnal (≥99,5%, Sigma Aldrich) kimostuk, majd 200 °C-on 1 órán át hősterilizáltuk.

Az olfaktométeres kísérlet esetleges oldalhatásának vizsgálatára kontroll kísérletet is végeztünk azonos kísérleti paraméterek mellett, azonban illatanyag alkalmazása nélkül, mindkét oldalt üresen hagyva. A hím és nőstény egyedeket egyesével helyeztük a rendszerbe, és összesen 30 nőstény, valamint 30 hím egyed választását rögzítettük.

Molekuláris módszerek

A terepen birsről ill dióról begyűjtött lárvák morfológiai bélyegek alapján történt azonosításának megerősítésére molekuláris vizsgálatokat is végeztünk. A birs terméseiből gyűjtött lárvamintákat, továbbá referenciaként közönséges dió *(Juglans regia)* zöld burkából gyűjtött *R. completa* lárvákat 70%-os etanolban tároltuk és használtunk a szekvenciaelemzésekhez. A genomi és mitokondriális DNS-t egész *Rhagoletis lárvákból* izoláltuk az Extraction Solution és Dilution Solution (Sigma Aldrich, Saint Louis, MO, USA) felhasználásával, a gyártó protokollja szerint.

A PCR-termékeket szekvenálás céljából az LGC Genomics GmbH-hoz (Németország) küldtük. A szekvenálást ugyanazokkal a primerekkel végezték, amelyeket a PCR-amplifikáció során alkalmaztunk. A kapott szekvenálási kromatogramokat manuálisan ellenőriztük és szerkesztettük a MEGA11 szoftver segítségével (Tamura és mtsai., 2021). A kapott szekvenciákat lekérdezésként használtuk a GenBank adatbázisban végzett blastn kereséshez. A legnagyobb hasonlóságot mutató szekvenciákat összegyűjtöttük, majd az újonnan meghatározott szekvenciáinkkal együtt a MAFFT online programban a G-INS-i algoritmus alkalmazásával igazítottuk. Az igazítás elején és végén előforduló hézagokat ismeretlen karakterként kódoltuk. Az illesztés 18 szekvenciából és 655 karakterből állt. Külső csoportként a korábbi eredmények alapján az *R. cingulata* fajt választottuk.

A Bayes-féle filogenetikai elemzést Glover és mtsai (2018) módszere alapján a MrBayes 3.1.2 programmal (Huelsenbeck és Ronquist, 2001) végeztük. A maximális valószínűségen (maximum likelihood, ML) alapuló elemzést a raxmlGUI 1.5 programmal (Silvestro és Michalak 2010) hajtottuk végre. A kládok támogatottságát 1000 bootstrap-ismétlés alapján számítottuk. Mindkét elemzés során a GTR + G nukleotid-szubsztitúciós modellt alkalmaztuk. Az elkészült filogenetikai fákat a TreeGraph 2.13.0 programmal (Stöver és Müller 2010) jelenítettük meg.

Adatelemzés

Az Y-olfaktométeres vizsgálatokban a birs és a közönséges dió termései közötti választási preferencia értékelésére a hím és nőstény dióburok-fúrólégy imágók esetében egyutas varianciaanalízist (one-way ANOVA) alkalmaztunk, amelyben a gyümölcsfaj fix tényezőként szerepelt. A reziduumok normalitását Shapiro–Wilk-próbával ellenőriztük. A választási preferenciára vonatkozó adatok statisztikailag homogén csoportjainak elkülönítésére Tukey-féle post hoc tesztet alkalmaztunk, mivel a Levene-próba nem mutatott szignifikáns eltérést a varianciák homogenitásában.

Annak vizsgálatára, hogy a hím és nőstény gyümölcslégy imágók gyakorisági eloszlása eltér-e a választási lehetőséget nem biztosító kísérletben, khi-négyzet illeszkedésvizsgálatot (chi-square goodness-of-fit test) végeztünk, 1:1 arányú várható gyakoriságot feltételezve.

Az ANOVA- és khi-négyzet-próbákat az IBM SPSS Statistics 22-es verziójával (IBM Corporation, Armonk, New York, USA) végeztük. A nyers adatok transzformációját a Microsoft Office Excel programban végez-

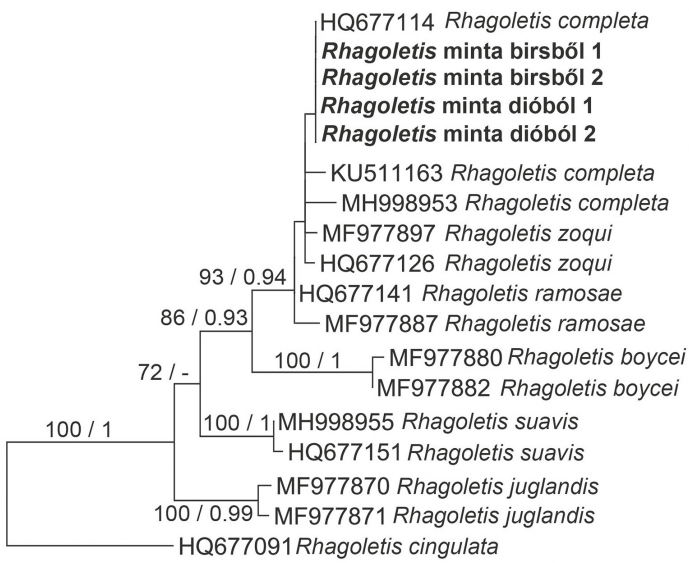
tük el. A hőtérképes ábrázolást az R Studio 2022.07.1 Build 554 verziójában (R Core Team 2023), a ggplot2 csomag segítségével készítettük el. Az ábrák végső szerkesztését az Adobe Illustrator (Adobe Systems, California, USA) programmal végeztük.

Eredmények

Szabadföldi megfigyelések

Számos gyümölcslégy-viselkedési mintázat volt megfigyelhető a romhányi birs sarjtelep gyümölcsein, köztük például a hímek agresszív, területvédő viselkedése, amelyet a szakirodalom erőforrás-védő poligíniaként (*resource-defense polygyny*) tart számon. A hímek, a nőstények számára szükséges erőforrást – elsősorban a tojásrakási helyet – védik a rivális hímekkel szemben (Benelli 2015) *(2a. ábra)*. Megfigyeltük továbbá az udvarlást, a párosodást *(2b. ábra)* valamint a nőstények tojásrakását. A tojásrakást követően a hím legyek gyakran tovább őrizték a gyümölcsön található tojásrakó helyeket. A helyszínen begyűjtött összes példányt morfológiai bélyegek alapján dióburok-fúrólégyként azonosítottunk.

A termések vizsgálata során apró, sötét, elszíneződött pontokat (0,5–2 mm) figyeltünk meg a birsalma gyümölcshéján *(2c. ábra),* melyek hasonlóak a dió zöld burkán megjelenő dióburok-fúrólégy okozta tojásrakási nyomokhoz. A nyomok kör alakúak voltak, a tojócső beszúrásának nyílása nyitva maradt és a peremén idővel kalluszosodás indult meg. A gyümölcsök növekedésével a parásodó petézési helyek torzulásokat okoznak. Az elszíneződött szövetüreg alatt 8–12 darabos tojáscsomókat illetve lárvákat találtunk *(2d, e ábra)*. Az érintett gyümölcsszövet boncolása nekrotikus elváltozást tárt fel, amit a lárvák táplálkozása okozott *(2f. ábra),* azonban a birsalma terméseken tapasztalt kártétel elenyésző mértékű volt. A megfigyeléseink alapján a birsalmában a lárvafejlődés korai szakaszban megszakadt és a laboratóriumban vizsgált gyümölcsökből sem került elő második fejlődési stádiumnál idősebb lárva. Később boncolt gyümölcsök esetében csak elpusztult, összetöppedt lárvákat figyeltünk meg és a vizsgált birsalmatermésekből egyetlen imágó sem kelt ki.



3. ábra. A Rhagoletis citokróm-c-oxidáz I alegységét (COI) kódoló gén szekvenciái alapján, maximális valószínűség (ML) módszerével rekonstruált filogenetikai fa. Az ágakon az 1000 ismétléses ML-bootstrap elemzésből származó támogatottsági értékek láthatók; a 70% alatti értékeket nem tüntettük fel. Az ágak mellett a posterior valószínűségek szerepelnek; a 0,90 alatti értékeket nem tüntettük fel. A skálavonal 0,01 várható szubsztitúciót jelöl szekvenciahelyenként.

Molekuláris vizsgálatok

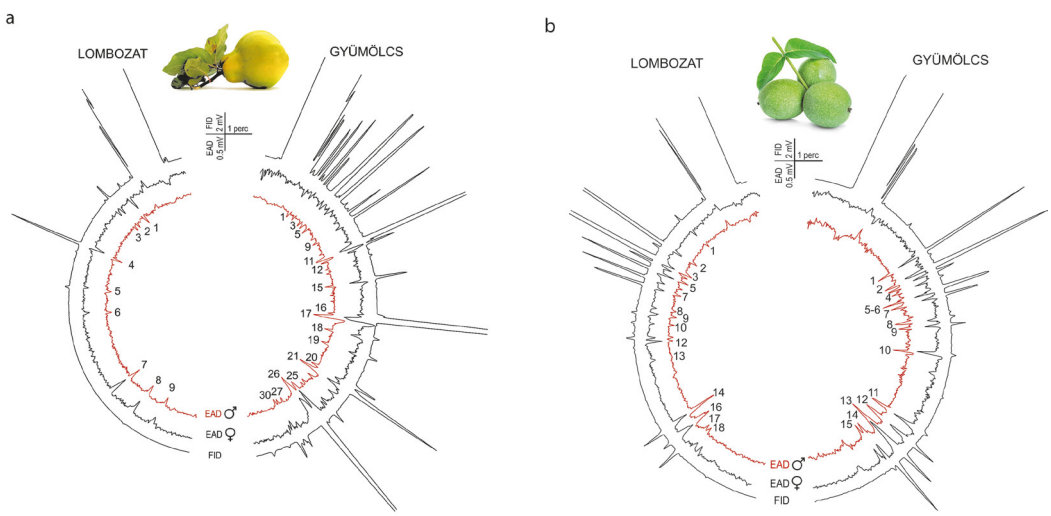
A morfológiai alapú taxonómiai azonosítás megerősítése érdekében genetikai vizsgálatokat is végeztünk. Négy szekvenciát határoztunk meg dió-, illetve birstermésekből izolált lárvákból (*Rhagoletis* minta birsből 1 és 2; *Rhagoletis* minta dióból 1 és 2), amelyek egymással teljes mértékben megegyeztek *(3. ábra)*. Emellett a Svájcban *Rhagoletis completa*-ként azonosított referen-

cia-szekvencia (HQ67711; Frey és mtsai 2013) szintén teljes azonosságot mutatott az általunk meghatározott szekvenciákkal. A GenBank adatbázisból származó, *R. completa*, *R. zoqui* és *R. ramosae* fajokhoz tartozó szekvenciákkal együtt a magyarországi mintákból meghatározott négy új szekvencia egy jól alátámasztott kládot alkotott (bootstrap-támogatottság = 93%; posterior valószínűség = 0,94) *(3. ábra)*.

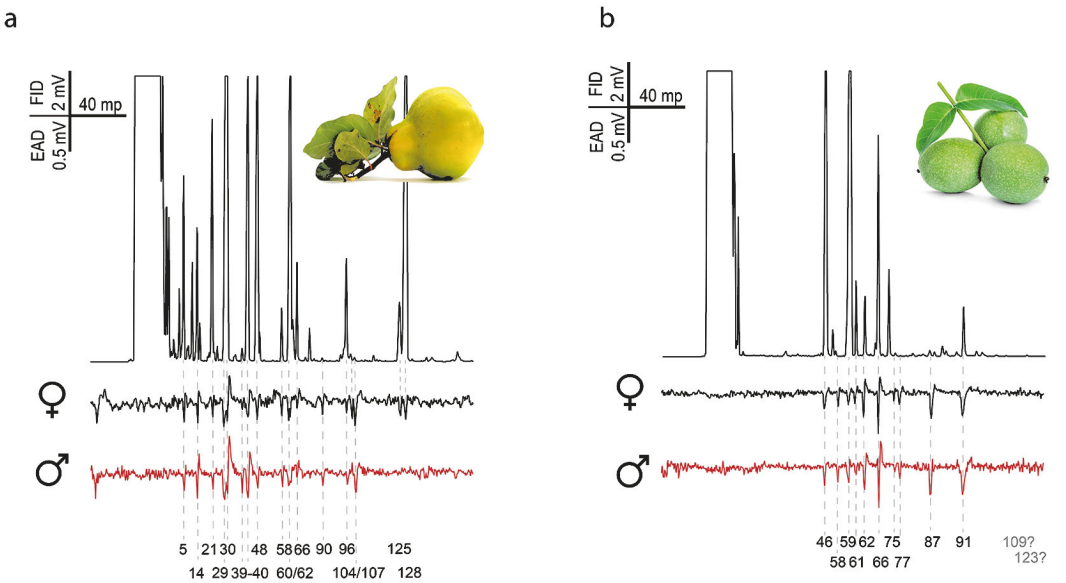
Illatprofil kémiai azonosítás (GC-MS) és elektrofiziológia elemzés (GC-EAD és GC-EPD)

A dió- és a birs termés és lomb illatanyagmintázatának tömegspektrometriás (GC-MS) vizsgálata kvalitatív különbségeket tárt fel az illékony vegyületek profiljában. A birs termése és lombja között különösen jelentős különbségek mutatkoztak *(4. és 6. ábra)*. A birs termésmintákban az észterek domináltak (~68%), míg a második legnagyobb csoportot a terpenoidok alkották jelentősen kisebb aránnyal (~8%). A lombozatban azonban a legnagyobb arányban a terpenoidok (~29%), majd a szénhidrogének (~21%) és az alkoholok (~7%) fordultak elő. A birs termésében és lombjában egyaránt azonosított vegyületek a következők voltak: etil-izobutirát, toluol, 2-hexanon, etil-benzol, *p/o*-xilol, 1-etil-3-metil-benzol, β-mircén, (*Z*)-3-hexenil-acetát, hexil-acetát, *p*-cimén, limonén, nonanal, transz-β-kariofillén, α-humulén és α-farnezén.

A dió termés- és lomb illatatprofilja azonban nagymértékű hasonlóságot mutatott *(4b. és 6. ábra)*. A dió termésében 96, a lombban 107 különálló vegyületcsúcsot detektáltunk. A dió termés illékony vegyületeinek ~41%-a terpenoid volt, míg a lombozatban ez az arány ~36%-nak adódott. Mindkét minta esetében a második legnagyobb kémiai csoportot a szénhidrogének alkották, a termésnél ~11%, a lombozatnál ~9%. A termésből azonosított észterek ~10%-ot, a lombozatból pedig ~7%-ot tettek ki. A dió termésében kimutatott, de a lombból hiányzó vegyületek az alábbiak voltak: 1-metoxi-2-propil-acetát, heptanal, oktanal, α-fellandrén, nonanal, decanal, etil-9-decenát.



4. ábra. Nőstény (fekete EAD görbék) és hím (piros EAD görbék) dióburok-fúrólégy *(Rhagoletis completa)* imágók csápjainak csúcsi részén mért reprezentatív elektrofiziológiai válaszok, a) a birs *(Cydonia oblonga)* és b) a dió *(Juglans regia)* lombjából és gyömölcseiből gyűjtött illékony vegyületekre GC-EAD vizsgálatokkal. Az ábrán feltüntetett sorszámok a GC-MS vizsgálatokkal meghatározott illatanyag-profiljában azonosított vegyületeknek felelnek meg, teljes táblázatot lásd. Kecskeméti és mtsai 2025.



5. ábra. Elektrofiziológiás válaszok (GC-EPG) nőstény- (fekete) és hím (piros) dióburok-fúrólégy *(Rhagoletis completa)* ajaktapogatóiról (maxillary palp), a) a birs és b) a dió termés illatanyag kivonatára. A birs gyömölcs illatnagyagok közül összesen 17 vegyület, míg a dió esetében 12 vegyület váltott ki választ az ajaktapogató receptoraiból.

A termésmintázatokat összehasonlítva a következő vegyületeket azonosítottuk mindkét gyümölcsből: toluol, 2-hexanon, butil-acetát, etil-2-metil-butirát, etil-izovalerát, etil-benzol, *p/o*-xilol, 2-heptanon, β-mircén, etil-hexanoát, (*Z*)-3-hexenil-acetát, *p*-cimén, limonén, nonanal, decanal, feniletil-acetát, β-bourbonén, etil-9-decenát, transz-β-kariofillén, cisz-β-farnesén, α-humulén, α-farnesén.

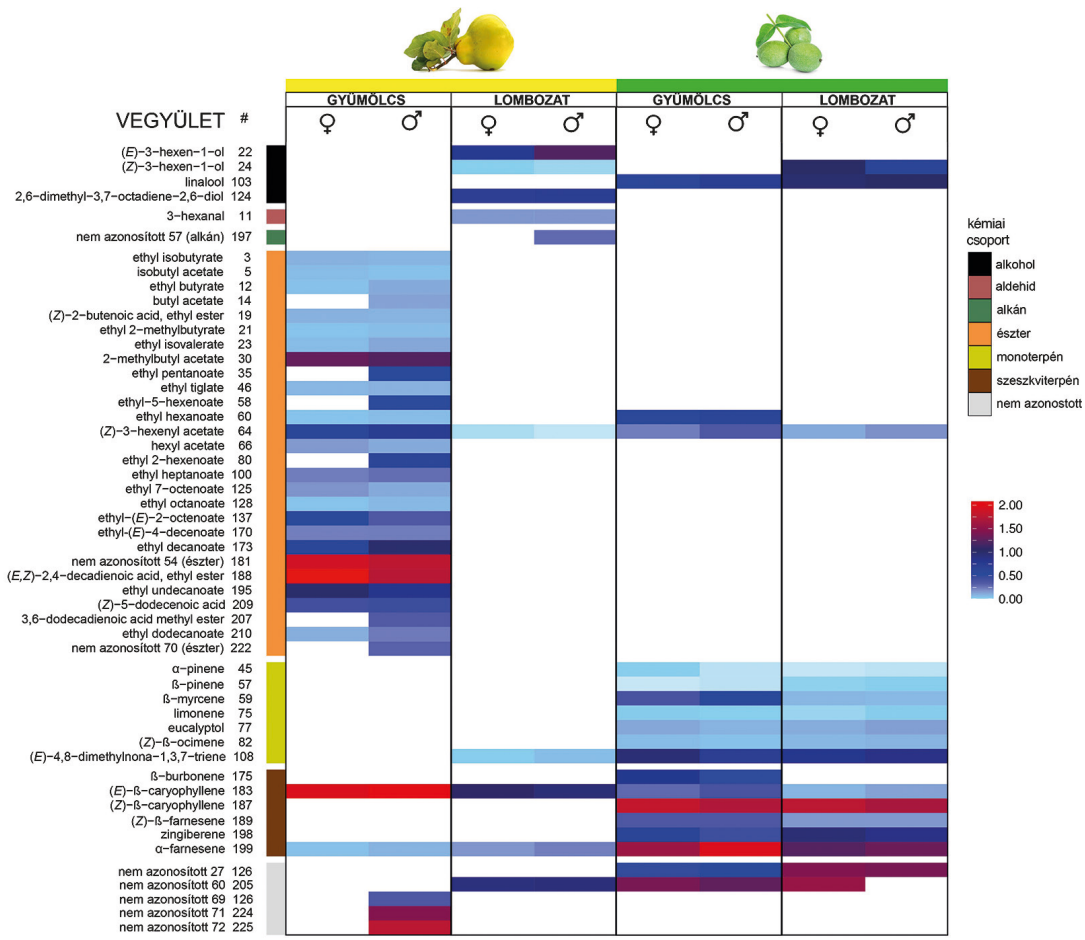
A négy növényi minta (birs termés, birs lomb, dió termés, dió lomb) mindegyikében azonosított vegyületek a következők voltak: toluol, 2-hexanon, etil-benzol, *p/o*-xilol, β-mircén, (*Z*)-3-hexenil-acetát, *p*-cimén, limonén, transz-β-kariofillén, α-humulén, α-farnesén.

A birs és a dió termés- és lombmintáiban összesen 225 illékony vegyületet azonosítottunk, amelyek közül 52 vegyület váltott ki konzekvens elektrofiziológiai csápválaszt *(4. és 6. ábra)*. A fiziológiailag aktív vegyületek többségét (53%) észterek, illetve észterszármazékok alkották. E vegyületcsoport tagjai szinte kizárólag a birs termésmintáiban fordultak elő, és mindössze egy vegyület, a (*Z*)-3-hexenil-acetát volt jelen valamennyi vizsgált növényi részben *(6. ábra)*. A második legnépesebb vegyületcsoport a monoterpenoidok (7 vegyület), valamint a szeszkviterpenoidok (6 vegyület) voltak. Ezen aktív vegyületek 76%-a kizárólag dió mintákból származott. Az (*E*)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrién (DMNT) vegyületet kimutattuk a dió minták mellett a birs lombjából is. Az (*E*)-β-kariofillén és az α-farnesén mind a négy mintában jelen volt. A β-bourbonén esetében mennyiségi eltérés mutatkozott: bár a birs termésében kimutatott mennyisége nagyságrendekkel nagyobb volt, mint a dió termésében vagy lombjában, ennek ellenére nem váltott ki fiziológiás választ a birs EAD mérések során. A fiziológiailag aktív vegyületek teljes listája az *6. ábrán* látható.

Hasonló mintázatot mutattak az ajaktapógatóból kiváltott fiziológiás válaszok is. A 28 elektrofiziológiailag aktív vegyület *(5. ábra)* két jól elkülöníthető csoportba volt sorolható: 17 észter vegyület, melyek közül 15 kizárólag a birs terméséből volt kimutatható. Az etil-hexanoát és a (*Z*)-3-hexenil-acetát a dió termésmintájában is azonosítható volt, azonban érdekes módon a (*Z*)-3-hexenil-acetát nem váltott ki ajaktapogató választ egyik ivarban sem, amikor a birs illékony

mintákat elemeztük. Az etil-6-heptanoát, a butánsav, a 3-metil-but-2-enil-észter, az etil-oktanát és az etil-nonanoát vegyületek csak nőstény egyedek esetében váltottak ki fiziológiai aktivitást. A ajaktapogató válaszokat kiváltó illékony anyagok közül tíz vegyület a monoterpenoidok csoportjába tartozott. A β-mircén és a limonén mindkét növény, gyümölcs és lomb mintájában jelen volt, azonban csak a dió illékony minták esetén váltottak ki választ, valószínűleg a birsben mért alacsony koncentrációjuk miatt.

A dió termésének és lombjának illatanyag profilja meglepően hasonló és elsősorban kvantitatív különbségeket mutatott *(6. ábra)*. A lomb és a termés összesített vegyületeinek 74%-a közös volt, míg az elektrofiziológiás válaszok 84%-ban egyeztek a két vizsgált szerv, a csáp és az ajaktapogató között. A csápokon a mono- és szeszkviterpenoidok váltották ki a legkifejezettebb válaszokat, miközben e vegyületcsoportok mind a lomb, mind a termés illatanyagprofiljában domináns szerepet töltöttek be.

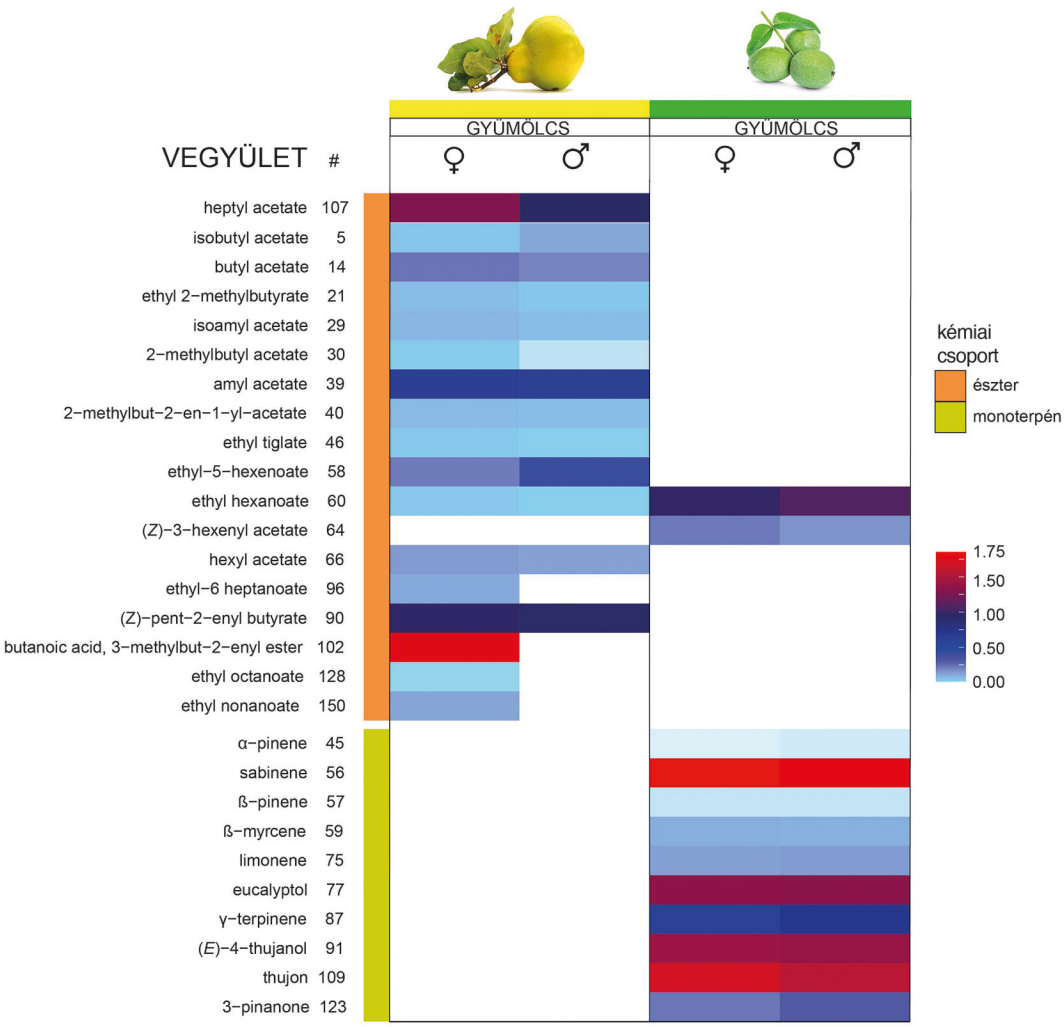


6. ábra. A birs (*Cydonia oblonga)* és a dió (*Juglans regia)* termésének, illetve lombozatának illékonyanyagaira adott dióburok-fúrólégy (*Rhagoletis completa*) nőstény és hím csápválaszok láthatóak GC-EAD vizsgálatok alapján. Az azonosított illékony vegyületek nevei mellett a számok a szerkezetazonosítás (GC-MS) során hozzárendelt sorszámokat jelentik, a színkódok pedig a kémiai vegyületcsoportokat jelölik. Az ezt követő hőtérképek a nőstény és hím imágók csápjainak a birs és *dió* terméseiből, illetve lombozatából származó illékony vegyületeire adott válasz intenzitásait mutatják. A vegyületek kémiai vegyületcsoportok, valamint az azokhoz tartozó retenciós idők szerint vannak rendezve

A birs illatanyagprofilja ettől markánsan eltérő mintázatot mutatott. A termésben és a lombban azonosított vegyületek mindössze 9%-a volt közös *(4. és 6. ábra)*. A termés illatanyag-összetételében az észterek domináltak, míg a lomb esetében az egyes vegyületcsoportok relatív eloszlása kiegyenlítettebb volt; közülük a mono- és szeszkviterpenoidok, valamint a szénhidrogének képviselték a legnagyobb arányt. A birs mintáival végzett vizsgálatok során mind a hím, mind a nőstény csápok elsősorban az észterekre mutattak kifejezett választ. A hímek ugyanakkor több azonosított illatkomponensre adtak választ, mint a nőstények.

Y-olfaktométeres viselkedési vizsgálatok eredményei

Az Y-olfaktométeres választás esetleges oldalhatásának megvizsgálására több tesztet vé-



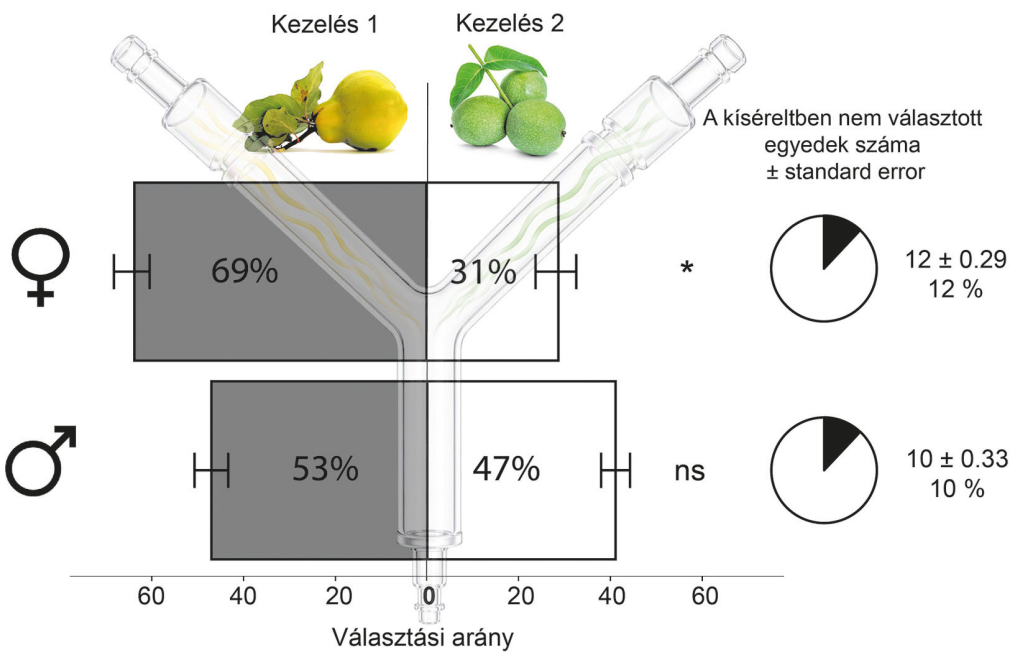
7. ábra. A birs *(Cydonia oblonga)* és a dió *(Juglans regia)* termések illataanyag mintázatának ajaktapogató detektoros gázkromatográfiás (GC-EPD) vizsgálata. A hőtérkép az ajaktapogatóról meghatározott elektrofiziológiás válaszokat szemlélteti. Az azonosított illékony vegyületek nevei mellett a számok a szerkezetazonosítás (GC-MS) során hozzárendelt sorszámokat jelentik, a színkódok pedig a kémiai vegyületcsoportokat jelölik Ezt követően pedig a nőstény és hím dióburok-fúrólégy imágók ajaktapogatóinak a birs és dió termésekből származó illékony vegyületekre adott válaszainak hőtérképei láthatók.

geztünk két kontrol (üres vs üres) választásokkal, mind hím mind nőstény dióburok-fúrólégy egyedekkel. A khi-négyzet próba alapján sem a nőstények, sem a hímek esetében nem volt szignifikáns eltérés a várt és a megfigyelt eloszlás között [nőstények: $\chi^2(1, N = 30) = 0{,}00$; $p = 1{,}00$; hímek: $\chi^2(1, N = 30) = 0{,}37$; $p = 0{,}85$], azaz nem tapasztaltunk oldalhatást a kísérletben, amely befolyásolhatná az egyedek választását. Amikor azonban a rovarok választását a dió- és a birs termésekkel szemben vizsgáltuk, a 90 nem párosodott nőstény egyed 69%-a szignifikánsan a birstermést választotta a dióterméssel szemben (31%) ($F(2,27) = 45{,}699$; $p < 0{,}001$). A 88 vizsgált hím egyed ezzel szemben nem mutatott szignifikáns preferenciát a két termésminta egyike iránt sem ($F(2,27) = 33{,}073$; $p = 0{,}405$) *(8. ábra)*.

Következtetések

A birsfákon megfigyelt dióburok-fúrólégy viselkedés első pillantásra jelentéktelennek tűnhet, azonban ezek a viselkedésformák fontos jelzéseket hordoznak a gyümölcslegyek ökológiájában, különösen a gazdanövény felkutatása és a tojásrakási viselkedés szempontjából. Az egyik első megfigyelésünk birs terméseken tartózkodó hímekhez kapcsolódott. A mono- és stenofág gyümölcslégyfajok általában közvetlenül a tojásrakásra alkalmas gyümölcsökön párosodnak, ezért számukra a termések kiemelkedően fontos ökológiai erőforrásnak tekinthetők (Robinson és Hooper 1989). Továbbá, párosodó egyedeket is megfigyeltünk a birs termések felszínén (*1b. ábra*). Ez a jelenség különösen figyelemre méltó, mivel a *Rhagoletis* fajokról ismert, hogy a kopulációt kizárólag gazdanövényeiken kezdeményezik (Busch 1969, Prokopy és mtsai 1993, Alonso-Pimentel és Papaj 1996, Berlocher és mtsai 2002).

Ezen kívül megfigyeltük a hím egyedek közötti versengést a legjobb tojásrakási helyekért, ami további bizonyítékot szolgáltat arra, hogy a birstermések fontos vonzerőtjelentettek. A páro-



8. ábra. Az Y-olfakométeres választásos vizsgálat eredménye. Hím és nőstény dióburok-fúrólégy imágók termésválasztási preferenciája, valamint a nem választó egyedek aránya (±SE) Y-csöves választási kísérletben. A nőstények közül szignifikánsan többen választották a birset tartalmazó oldalt a diót tartalmazó oldallal szemben. A hímek esetében egyik kezeléssel szemben sem volt megfigyelhető szignifikáns preferencia. A csillag a Tukey-féle post hoc teszt alapján szignifikánsan eltérő csoportokat jelölik ($\alpha = 0{,}05$; $p < 0{,}01$).

sodást követő párőrzés és a tojásrakásra alkalmas helyek védelme növelheti a hím gyümölcslegyek rátermettségét (Rull és mtsai 2016). Különösen fontos lehet ez olyan poligynandrikus – a nőstény több hímmel is párosodik – fajok esetében, mint a *Rhagoletis* fajok (Prokopy és mtsai 1993, Papaj 1994). A hímek a birsterméseken őrizték a tojásrakási helyeket, a nőstények azonban nem. A terméseken történő párosodás mellett a levél színén is megfigyeltünk kopulációt, főként a napsütötte foltokon. Ez a viselkedés egy specializált gyümölcslégy esetében, mint a dióburok-fúrólégy, némileg szokatlannak tekinthető.

A nőstények által a termések felszínén hagyott tojásrakási nyomok jellegzetesek voltak és a sebeket fekete–sötétbarnára színeződött 0,5–2 mm-es udvar vette körül *(1c. ábra)*. A termés enyhén deformálódik és a termés epidermisze alatt 8–12 tojásból álló tojáscsomókat találtunk *(1d. ábra)*. A „*suavis*" *Rhagoletis* fajcsoportba tartozó, diót fertőző legyek valamennyien tojáscsomókban helyezik el tojásaikat, míg más *Rhagoletis* fajok egyesével rakják tojásaikat a termés szöveteibe.

Az a tény, hogy a dióburok-fúrólégy tojásait a birs szövetébe helyezte, korántsem tekinthető jelentéktelen eseménynek. Ezek a specializált, mono- és stenofág rovarok, általában ritkán „tévesztenek célt, azaz tápnövényt" (Larsson és Ekbom 1995, Mayhew 2001, Balagawi és mtsai 2005), mivel a polifág gyümölcslegyekhez képest kevesebb ovariumcsővel rendelkeznek (Fitt 1990). Emiatt minden egyes tojás értékes, ezért azt a a lárvák túlélése szempontjából a legmegfelelőbb helyre kell helyezniük.

A *Rhagoletis* fajok gazdanövény-elfogadása meglehetősen összetett folyamat; a gazdanövény elfogadásához komplex ingerek feldolgozása szükséges. Vizuális és olfaktorikus stimulusok is szerepet játszanak és gyakran azok egyidejű megléte szükséges. Például az alma-gyümölcslégy *(R. pomonella)* elsősorban vizuális információkra támaszkodik a megfelelő gazdanövény megtalálásakor, amennyiben a termések vizuálisan jól láthatók. Ha azonban a termések rejtettek, a gyümölcs illatát nagyobb arányban veszi figyelembe a keresés és a döntés folyamatában (Aluja és Prokopy 1993). Több gyümölcslégyfajon – köztük a *R. completa* fajon – végzett vizsgálatok kimutatták, hogy a gömbölyded termésforma, a termés mérete és a háttérhez viszonyított kontraszt domináns jelzések a gazdanövény keresése során (Fletcher és Prokopy 1991, Liburd 1998).

A vizuális ingerek mellett a gazdanövény elfogadása a szaglási ingereken, vagyis az illékony vegyületek érzékelésén is alapul. A csápokon található szaglóreceptorok segítik a rovart abban, hogy a gazdanövény által kibocsátott illékony vegyületek alapján annak irányába navigáljon. A növény felszínén található nem illékony vegyületeket a rovarok a lábfejen (tarsus) és a tapogatószerveken elhelyezkedő kontakt kemoreceptorok segítségével érzékelik. Ezek az ingerek lehetővé teszik a rovar számára, hogy a gazdanövény alkalmasságát a növény felületével való érintkezést követően tovább értékelje. Mindezek az ingerek kulcsfontosságú szerepet játszanak a gazdanövény felismerésének folyamatában. A rovar által érzékelt, a megfelelő jelzésektől való eltérések a tojásrakás elutasításához vezethetnek. A nőstények tojócsövén is találhatók receptorok, amelyek fontos információt szolgáltatnak a tojásrakásra alkalmas szubsztrátum kémiai összetételéről, ezáltal lehetővé téve a gazdanövény alkalmasságának végső ellenőrzését (Scolari és mtsai 2021). Mindezen ingerek együttes megléte kulcsfontosságú szerepet játszik a gazdanövény felismerésében és elfogadásában. Ez pedig esetünkben azt jelenti, hogy vagy számos követelmény teljesült a dióburok-fúrólégy imágói számára, így a birset tojásrakásra alkalmas gazdanövényként érzékelték, vagy pedig számos hím és nőstény egyed következetesen rossz döntést hozott, amely utódaik számára végzetes következményekkel járt.

A rovarok tojásrakási preferenciájának szorosan össze kellene függenie utódaik gazdanövényen mutatottf ejlődésével, hiszen a nőstény egyedek rátermettségének maximalizálása révén olyan jó minőségű gazdanövényeket kell kiválasztaniuk, amelyek biztosítják a következő generáció sikerét (Jaenike 1978). A tojásrakási preferencia és az utódok teljesítménye közötti kapcsolat azonban a kiválótól a gyenge összefüggésig terjedhet, legalábbis a növényevő rovarok esetében (Mayhew 2001). A szakiro-

dalomban ismert nagyszámú „rossz tojásrakási döntés" (Mayhew 1997) vezetett az „optimális rossz anyaság" (*optimal bad motherhood*) elméletének megfogalmazásához. Ez az elv azt feltételezi, hogy a nőstények előnyben részesíthetik azokat a növényeket, amelyek saját élettartamukat növelik. Scheirs és munkatársai (2000) elsőként igazolták, hogy a gazdanövénynek a fitofág rovar túlélési sikerére / fittneszére gyakorolt hatása befolyásolja a nőstény tojásrakási döntését.

A dióburok-fúrólégy és a birs kapcsolatánál elképzelhető, hogy a birset a gyümölcslégy imágói a dióhoz képest jobb táplálkozási erőforrásként érzékelték. A gyümölcslegyek frissen kikelt nőstényei fejletlen petefészkekkel rendelkeznek és a peték éréséhez fehérjében gazdag táplálékforrásokra van szükségük (Lachmann és Papaj 2001). Elképzelhető tehát, hogy az adott helyszínen a birs jobban segítette a kifejlett egyedek fejlődését, pl. a gyümölcsön élő epifita élesztőfajok által, mint a környezetben megtalálható egyéb növényfajok. Ez a táplálkozási előny valószínűleg befolyásolta a nőstények tojásrakási preferenciáját és arra késztette őket, hogy a dióval szemben előnyben részesítsék a birset.

A birs iránt mutatott pozitív preferencia megértéséhez segít, ha összehasonlítjuk az európai birs és a dió termésének illékonyanyag-profilját. A két gyümölcs közötti különbség az egyik legszembetűnőbb eredmény volt: a csáp válaszai alapján, a két gyümölcsben mindössze néhány vegyület volt közös. A tömegspektrometriás elemzések alapján elmondható, hogy a dió termésének illatanyag mintázatában a terpenoidok (mono- és szeszkviterpenoidok) domináltak, míg a birsben az észterek voltak a leggyakoribbak.

Az EAD-felvételek alapján bizonyos különbség mutatkozott a két ivar érzékelési képességében. A birsminta elemzésekor a hímek a nőstényekhez képest több fiziológiás csápválaszt adtak a birs illékony vegyületeire. A hímek és nőstények ajaktapogatóinak válaszai között szintén különbségeket figyeltünk meg. A nőstények ajaktapogatói a hímekéhez képest szélesebb körű illékony vegyületekre adtak választ. Ez a különbség összefügghet a nőstények sajátos táplálkozási igényeivel, valamint azzal, hogy a táplálékforrásokra adott válaszok ivaronként eltérhetnek. A nőstények a szaporodási siker biztosítása érdekében nagyobb mértékben támaszkodnak bizonyos táplálékforrásokra (Biasazin és mtsai 2022). Ez azt jelentheti, hogy a nőstényeknek környezetük illékony kémiai jelei alapján pontosabban kell megkülönböztetniük a potenciális táplálékforrásokat annak érdekében, hogy a legmegfelelőbbet találják meg, ezért palpuszaik révén szélesebb körű kémiai jelek érzékelésére lehet szükségük.

A gazdanövény elfogadásának további fontos eleme a nőstényeknél a termés felületének tapintásos vizsgálata, amely során a rovar a felületen található kémiai vegyületeket a tarsusokon és a palpuszokon elhelyezkedő kontakt kémiai receptorok segítségével érzékeli (Scolari és mtsai 2021). Ez alapján valószínűsíthető, hogy a dióburok-fúrólégy nőstényeinek palpuszai a hímekéhez képest többféle illékony vegyületre reagálnak, mivel ezeket a szerveket a tojásrakást megelőző gazdanövény-ellenőrzés során is használják.

Herrera és munkatársai (2024) átfogó összehasonlítást végeztek tefritid legyek csápjainak és palpuszainak különböző gyümölcs- és táplálékeredetű illékony vegyületekre adott válaszairól. Eredményeik alapján összességében a csápok érzékenyebbek a gyümölcsökből származó illékony vegyületekre, míg a palpuszokon található receptorok inkább a táplálékhoz kapcsolódó illatanyagok érzékelésére specializálódtak.

Feltételezésünk szerint a birsben nagy mennyiségben jelen lévő észterek fontos szerepet játszhatnak abban, hogy a dióburok-fúrólégy imágói miért választották a birset gyakrabban – vagy legalább olyan gyakorisággal mint a diót. Ennek hátterében az állhat, hogy a gyümölcslegyek szaglórendszere evolúciósan különösen érzékeny az észterekre, így ezek a vegyületek erős ingereként szolgálhatnak. (Biasazin és mtsai 2018 és 2019, Herrera és mtsai 2024).

A frissen kelt nőstényeknek érési táplálkozásra van szükségük az ivarérettség eléréséhez és a peték megfelelő éréséhez (Webster és Stoffolano 1978, Drew és mtsai 1983, Lachmann és Papaj 2001). Kézenfekvőnek tűnhet, hogy az imágók közvetlenül a termésből táplálkoznak,

azonban ez a kapcsolat további összetevőket is magában foglalhat.

Például az ecetmuslica (*Drosophila melanogaster*) gazdanövényeinek felismerését nagymértékben befolyásolják a termés felszínén élő epifita élesztőgombák által kibocsátott illatanyagok (Becher és mtsai 2012). Az emberi orr számára is jól ismert gyümölcsös és virágos illatjegyek is részben e mikroorganizmusok tevékenységének tulajdonítható (Lytraés mtsai 2020, Larroque és mtsai 2021). A gyümölcs- és virágillatok kulcsfontosságú komponensei az észterek, illetve észter-származékok közé tartoznak (El Hadi és mtsai 2013).

Az epifita élesztő közösségek jelentőségét a gyümölcslegyek esetében is vizsgálták. Az olajbogyó-legyek *(Bactrocera oleae)* eltérő vonzódást mutattak a különböző élesztőfajokkal csalétkezett csapdák iránt (Vitanović és mtsai 2020). A termés felszínén élő élesztők és a gyümölcslegyek közötti kapcsolat kölcsönösen előnyösnek tekinthető, mivel az élesztőfajok értékes tápanyagokat biztosítanak a gyümölcslegyek számára, miközben a legyek elősegítik ezen mikroorganizmusok új gazdanövényekre történő terjedését (Madden és mtsai 2018). Az almatermésűek termésfelszíne számos élesztőfaj számára biztosít élőhelyet, melyek táplálékforrást jelenthetnek számos gyümölcsevő rovar számára, köztük a gyümölcslegyeknek is (Vitanović és mtsai 2020, Erdei és mtsai 2022).

Ezzel szemben úgy tűnik, hogy a *J. regia* termésének felszínén nem találhatók meg a klasszikus értelemben vett epifita élesztőfajok (Pardatscher és Schweigkofler 2009). Köztudott, hogy a diófajok zöld burka antibakteriális és antifungális vegyületeket tartalmaz (Barekat és mtsai 2023), amelyek hatással vannak a dió termésburok mikrobiomjára. Mindazonáltal nem állítható, hogy a dió termés felszíne mentes lenne mikrobáktól. Pardatscher és Schweigkofler (2009) kiterjedt mikrobiológiai vizsgálatokat végeztek perzsa dió állományokon, és arra jutottak, hogy a gyűjtött 3880 mikrobiális tenyészet 96,4%-át gombák alkották. Ezeket a gombákat 30 nemzetségbe sorolta, amelyek közül az *Alternaria, Penicillium, Phoma, Botryosphaeria, Fusarium, Cladosporium, Phyllosticta* és *Epicoccum* voltak a leggyakoribbak. A mintegy 3900 izolátumból mindössze 14-et sorolt az „élesztők" kategóriájába.

Mivel is táplálkoznak pontosan a kifejlett dióburok-fúrólégy egyedek? A gyümölcslegyek a természetben számos különböző táplálékforrást képesek kiaknázni (Robinson és Hooper 1989). A mesterséges táplálékkal végzett vizsgálatok kimutatták, hogy a kifejlett egyedeknek fehérjeforrásra van szükségük a túlélés és a petetermelés optimális működéséhez (Robinson és Hooper 1989). Az alma-gyümölcslégy *(R. pomonella)* esetében a nem hidrolizált élesztő hozzáadása jelentősen növelte az élettartamot és a termékenységet (Fluke és Allen 1931). Hagen és Finney (1950) munkája kimutatta, hogy a *Bactocera dorsalis*, a *B. cucurbitae* és a *Ceratitis capitata* táplálékához adott fehérjehidrolizátum jelentősen növelte a termékenységet. Ennek alapján feltételezhető, hogy a dióburok-fúrólégy fehérjeigényét is részben a gyümölcsök felszínén található epifita élesztőgombák fehérjetartalma biztosíthatja, miközben a imágó táplálék után kutat. Továbbá ismert, hogy a mézharmat fontos táplálékforrás lehet a tephritidák számára, mivel szénhidrátokat, vitaminokat és aminosavakat tartalmaz (Hagen és Finney 1950). Ezen kívül a madárürülék is értékes nitrogénforrást biztosíthat a gyümölcslegyek számára (Prokopy és mtsai 1993). Az élesztőgombákon kívül más mikroorganizmusok, például baktériumok, szintén fontos táplálékforrást jelenthetnek a dióburok-fúrólegyek számára. Néhány gyümölcslégyfajnál megfigyelték, hogy a baktériumokon alapuló táplálékkiegészítők is jelentősen elősegítették a petefészek fejlődését (Drew és mtsai 1983). Továbbá számos baktériumtörzs illata vonzó lehet a gyümölcslegyek számára. Ilyen például az *Enterobacter agglomerans*, amelyet nagyon gyakran izolálnak madárürülékből (Lauzon 1991). Tsiropoulos (1981) antibiotikumok segítségével eltávolította a dió termés felszínéről a mikroflórát, és így a sterilizált táplálékon tartott kifejlett egyedek esetében kedvezőtlenül alakult a túlélés, a tojásrakás előtti időszak hossza, a termékenység és a fertilitás is. Mindezek alapján valószínűsíthető, hogy a *Juglans*

spp. felszínén élő epifita baktériumok kedvező hatással lehetnek az *R. completa* nőstényeinek ivari érésére.

Evolúciós szempontjából a dióra történő specializálódás különösnek tűnik a gyümölcsöket hasznosító tephritida legyek körében. A gyümölcslegyek többsége olyan gazdanövényeket részesítenek előnyben táplálkozás és tojásrakás szempontjából, amelyeknek húsos, magas cukortartalmú terméseik vannak. Figyelembe véve az ilyen gyümölcsöket, melyeknek az érés előrehaladtával jellemzően nő a cukortartalma, megpuhulnak nem is beszélve a húsos gyümölcsökre jellemző élénk színekről. Ezeket a tulajdonságokat figyelembe véve, a különböző diófajok termései jelentős kivételnek számítanak, mivel alig vagy egyáltalán nem mutatnak hasonlóságot az említett termésekre jellemző bélyegekkel.

Az összes észak-amerikai, suavis fajcsoportba tartozó, *Rhagoletis* faj ugyanazon dendrogram-ágon helyezkedik el *(3. ábra),* mely arra utal, hogy ezek a fajok evolúciós szempontból közeli rokonságban állnak egymással. Az észak-amerikai *Rhagoletis* fajok által károsított termések tulajdonságai alapján felállított hipotézisünk szerint feltételezhető, hogy a *R. completa* evolúciója során korábban más gyümölcsfajokat is károsított, majd később specializálódott a diófélékre. Ez a specializáció feltehetően egy új táplálkozási niche kiaknázásával állhatott összefüggésben. A rovarcsápokon, illetve az ajaktapogatókon végzett elektrofiziológiai vizsgálatok szintén alátámasztják ezt a feltételezést. Számos olyan vegyületre, illetve vegyületcsoportra kaptunk ugyanis erős fiziológiás választ, amelyek nem szerepelnek a dió illatanyagprofiljában. A birsalma illékony vegyületeinek jelentős részét mind a csápok, mind az ajaktapogatók érzékelték. Ugyanakkor több olyan vegyületet is azonosítottunk, ahol vagy az egyik, vagy a másik érzékszerv válaszolt, így ezekre csak az adott érzékszervből mértünk fiziológiás válaszokat.

Összefoglalva, érdekes jelenség, hogy egy erősen specializálódott gyümölcslégyfaj, mint a *R. completa*, természetes élőhelyén egy ökológiai szempontból atipikus termést, a birset választja tojásrakás céljából. Ez a jelenség több mint egy „téves választás" hiszen egymást követő években is megfigyeltük. Továbbá a dióburok-fúrólégy viselkedési mintázata megegyezett azzal, amit a természetes gazdanövényén a párosodás és a tojásrakás során figyelhetünk meg.

Az elektrofiziológiai vizsgálatok igazolták, hogy a dióburok-fúrólégy kifejlett egyedeinek mindkét neme képes csápjával érzékelni olyan, a gazdanövényhez nem kötődő, egyedi illékony vegyületeket, míg a viselkedési kísérletekben a nőstények számára a birs vonzóbbnak bizonyult, mint a diótermés. A jelenségre jelenleg nem adható egyértelmű magyarázat, ugyanakkor korábban már megfogalmaztunk néhány hipotézist, amelyek magyarázatot adhatnak erre az eredményre.

Véleményünk szerint ez az „Optimális rossz anyaság" jelenségének tekinthető, amely során a dióburok-fúrólégy nőstényei saját előnyükre választják a birset a dióval szemben, mégpedig azért, hogy a fejlődésükhöz szükséges legmegfelelőbb táplálékforrást megtalálják. Ezt a preferenciát befolyásolhatta a birs epifita mikrobiális közössége, különösen az azon előforduló élesztőfajok közössége.

Továbbá valószínűnek tartjuk, hogy a dióburok-fúrólégy kifejlett egyedei számára a dió mellett más növényfajok is fontos erőforrást jelenthetnek. Ezt eredményeink is alátámasztják, amelyek szerint a szaglásuk nem kizárólag a dió illékony vegyületeire hangolt, valamint hogy a választásos preferencia vizsgálatokban a szűz nőstények a birset részesítették előnyben.

A jelenség pontosabb feltárásának egyik legfontosabb jövőbeli iránya annak vizsgálata, hogy a nőstények terméspreferenciája megváltozik-e a párosodást követően, és a párzás után inkább a diótermeséket választják-e. Emellett további olfaktoriális és neurológiai vizsgálatok szükségesek a birshez társult dióburok-fúrólégy egyedein annak megállapítására, hogy ezek az egyedek bármely tekintetben eltérnek-e az eredeti, dióhoz társult populáció egyedeitől. Ezen rendhagyó tápnövényválasztás részletesebb vizsgálata egyaránt hozzájárulhat a dióburok-fúrólégy viselkedésének általánosabb megérté-

séhez, valamint olyan hatékonyabb táplálkozási attraktánsok azonosításához, amelyek alapul szolgálhatnak a jövőbeni csapdázási módszerek fejlesztéséhez.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFIH) FK 137579 számú kutatási pályázata támogatta.

IRODALOM

Alonso-Pimentel, H. and **Papaj, D. R.** (1996): Operational Sex Ratio versus Gender Density as Determinants of Copulation Duration in the Walnut Fly, *Rhagoletis juglandis* (Diptera: Tephritidae). Behav. Ecol. Sociobiol., 39: 171–180.

Aluja, M. and **Prokopy, R. J.** (1993): Host odor and visual stimulus interaction during intratree host finding behavior of *Rhagoletis pomonella* flies. J. Chem. Ecol., 19: 2671–2696.

Apáti, F. (2014): Farm economic analyis of walnut production. International Journal of Horticultural Science, 20: 10.31421/IJHS/20/1-2/1120.

Balagawi, S., Vijaysegaran, S., Drew, R.A.I. and **Raghu, S.** (2005): Influence of fruit traits on oviposition preference and offspring performance of *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae) on three tomato *(Lycopersicon lycopersicum)* cultivars. Aust. J. Entomol., 44(2): 97–103.

Barekat, S., Nasirpour, A., Keramat, J., Dinari, M., Meziane-Kaci, M., Paris, C. and **Desobry, S.** (2023): Phytochemical Composition, Antimicrobial, Anticancer Properties, and Antioxidant Potential of Green Husk from Several Walnut Varieties (*Juglans regia* L.). Antioxidants, 12: 52.

Becher, P. G. et al. (2012): Yeast, not fruit volatiles mediate *Drosophila melanogaster* attraction, oviposition and development. Funct. Ecol., 26: 822–828.

Benelli, G. (2015): Aggression in Tephritidae Flies: Where, When, Why? Future Directions for Research in Integrated Pest Management. Insects, 6: 38–53. https://doi.org/10.3390/insects6010038

Berlocher, S. Feder, J., **Berlocher, S. H.,** and **Feder J. L**. (2002): Sympatric speciation in phytophagous insects: Moving beyond controversy? Annu. Rev. Entomol., 47: 773–815.

Biasazin, T. D., Chernet, H. K., Larsson Herrera, S., Bengtsson, M., Karlsson, M. F., Lemmen-Lechelt, J. K. and **Dekker, T.** (2018): Detection of Volatile Constituents from Food Lures by Tephritid Fruit Flies. Insects, 9: 119.

Biasazin, T. D., Larsson Herrera, S., Kimbokota, F. and **Dekker, T.** (2019): Translating olfactomes into attractants: shared volatiles provide attractive bridges for polyphagy in fruit flies. Ecol. Lett., 22: 108–118.

Biasazin, T. D., Herrera, S. L., Kimbokota, F. and **Dekker, T**. (2022): Diverging olfactory sensitivities to yeast volatiles reflect resource partitioning of tephritids and drosophilids. Front. Ecol. Evol., 10.

Boyce, A. (1934): Bionomics of the walnut husk fly, *Rhagoletis completa*. Hilgardia, 8: 363–579.

Bush, G. L. (1969): Sympatric Host Race Formation and Speciation in Frugivorous Flies of the Genus *Rhagoletis* (Diptera, Tephritidae). Evolution, 23: 237–251.

Drew, R. A. I., Courtice, A. C. and **Teakle, D. S.** (1983): Bacteria as a natural source of food for adult fruit flies (Diptera: Tephritidae). Oecologia, 60: 279–284.

El Hadi, M. A. M., Zhang, F.-J., Wu, F.-F., Zhou, C.-H. and **Tao, J.** (2013): Advances in Fruit Aroma Volatile Research. Molecules, 18: 8200–8229.

Erdei, A. L., Szelényi, M. O., Deutsch, F., Rikk, P. and **Molnár, B. P.** (2022): Lure design for *Drosophila suzukii* based on liquid culture of fruit epiphytic yeasts: Comparing the attractivity of fermentation volatiles for seasonal morphs. J. Appl. Entomol., 146: 773–785.

Fitt, G. P. (1990): Variation in ovariole number and egg size of species of *Dacus* (Diptera; Tephritidae) and their relation to host specialization. Ecol. Entomol., 15: 255–264.

Fletcher, B. S. and **Prokopy, R. J.** (1991): Host location and oviposition in tephritid fruit flies. In: Reproductive Behavior of Insects: Individuals and Populations, 138–171. Springer Dordrecht, Chapman & Hall, New York

Fluke, C. L., Jr. and **Allen, T. C.** (1931): The Role of Yeast in Life History Studies of the Apple Maggot, *Rhagoletis pomonella* Walsh. J. Econ. Entomol., 24: 77–80.

Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations (2019): Official data from: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (Hozzáférés: 2019. július 11).

Foote, R. H. (1981): The Genus *Rhagoletis* Loew South of the United States (Diptera: Tephritidae). No 157851, Technical Bulletins, United States Department of Agriculture, Economic Research Service, https://EconPapers.repec.org/RePEc:ags:uerstb: 157851.

Glover, M. M. et al. (2018): Phylogeography of Walnut-Infesting *Rhagoletis suavis* (Diptera: Tephritidae) Flies. Insect Syst. Divers., 2: 1.

Gripenberg, S., Mayhew, P. J., Parnell, M. and **Roslin, T.** (2010): A meta-analysis of preference–performance relationships in phytophagous insects. Ecology

Letters, 13(3): 383–393. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01433.x

Hagen, K. S. and **Finney, G. L.** (1950): A Food Supplement for Effectively Increasing the Fecundity of Certain Tephritid Species. J. Econ. Entomol., 43: 735.

Herrera, S. L. et al. (2024): The maxillary palps of Tephritidae are selectively tuned to food volatiles and diverge with ecology. J. Insect Physiol., 154: 104632.

Holm, S., Javoiš, J., Õunap, E., Davis, R.B., Kaasik, A., Molleman, F., Tasane, T. and **Tammaru, T.** (2018): Reproductive behaviour indicates specificity in resource use: phylogenetic examples from temperate and tropical insects. Oikos, 127: 1113–1124. https://doi.org/10.1111/oik.04959

Huelsenbeck, J. P. and **Ronquist, F**. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. Bioinforma. Oxf. Engl., 17: 754–755.

Jaenike, J. (1978): On optimal oviposition behavior in phytophagous insects. Theor. Popul. Biol., 14: 350–356.

Kasana, A. and **AliNiazee, M. T.** (1955): Ovipositional preferences of the walnut husk fly, *Rhagoletis completa* (Diptera: Tephritidae) on various fruits, vegetables and varieties of walnuts. J. Entomol. Soc. Br. Columbia, 92: 3–8.

Kecskeméti, S., Erdei, A. L., Simon, J., Kiss, B. and **Molnár, B. P.** (2025): Oviposition behaviour of *Rhagoletis completa* on dead end host *Cydonia oblonga*. Sci. Rep., 15(1): 11070.

KSH – Központi Statisztikai Hivatal (2025): 19.1.1.25. A fontosabb gyümölcsfélék termesztése és felhasználása (2015–). STADAT. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0025.html

Lachmann, A. D. and **Papaj, D. R.** (2001): Effect of host stimuli on ovariole development in the walnut fly, *Rhagoletis juglandis* (Diptera, Tephritidae). Physiol. Entomol., 26: 38–48.

Lancashire, P.D., Bleiholder, H., Boom, T.V.D., Langelüddeke, P., Stauss, R., Weber, E. and **Witzenberger, A.** (1991): A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. Annals of Applied Biology, 119: 561–601.

Larroque, M. N. *et a.l* (2021): Effect of *Saccharomyces* and non-*Saccharomyces* native yeasts on beer aroma compounds. Int. J. Food Microbiol., 337: 108953.

Larsson, S. and **Ekbom, B.** (1995): Oviposition Mistakes in Herbivorous Insects: Confusion or a Step Towards a New Host Plant? Oikos, 72: 155–160.

Lauzon, C. R. (1991): Microbial ecology of a fruit fly pest, *Rhagoletis pomonella* (Walsh) (Diptera: Tephritidae). University of Massachusetts Amherst, Ph.D. Dissertation.

Liburd, O. E., Alm, S. R., Casagrande, R. A. and **Polavarapu, S.** (1998): Effect of Trap Color, Bait, Shape, and Orientation in Attraction of Blueberry Maggot (Diptera: Tephritidae) Flies. J. Econ. Entomol., 91: 243–249.

Lytra, G., Miot-Sertier, C., Moine, V., Coulon, J. and **Barbe, J.-C.** (2020): Influence of must yeast-assimilable nitrogen content on fruity aroma variation during malolactic fermentation in red wine. Food Res. Int., 135: 109294.

Madden, A. A., Epps, M. J., Fukami, T., Irwin, R. E., Sheppard, J., Sorger, D. M. and **Dunn, R. R.** (2018): The ecology of insect–yeast relationships and its relevance to human industry. Proc. R. Soc. B Biol. Sci., 285: 20172733.

Mayhew, P. J. (1997): Adaptive Patterns of Host-Plant Selection by Phytophagous Insects. Oikos, 79: 417–428.

Mayhew, P. J. (2001): Herbivore host choice and optimal bad motherhood. Trends Ecol. Evol., 16: 165–167.

Medic, A. et al. (2022): Walnut Husk Fly (*Rhagoletis completa* Cresson), the Main Burden in the Production of Common Walnut (*Juglans regia* L.). In: Advances in Diptera – Insight, Challenges and Management Tools.

Medic, A., Veberic, R., Hudina, M. and **Solar, A.** (2022): Walnut Husk Fly (*Rhagoletis completa* Cresson), the Main Burden in the Production of Common Walnut (*Juglans regia* L.). 10.5772/intechopen.106046. IntechOpean, Ljubljana

Pardatscher, R. and **Schweigkofler, W.** (2009): Microbial biodiversity associated with the walnut *Juglans regia* L. in South Tyrol (Italy). Mitteilungen Klosterneubg., 59: 24–30.

Prokopy, R. J., Cooley, S. S. and **Papaj, D. R.** (1993): How well can relative specialist *Rhagoletis flies* learn to discriminate fruit for oviposition? J. Insect Behav., 6: 167–176.

Robinson, A. S. and **Hooper, G.** (1989): Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies, and Control. Elsevier, Amsterdam

Rull, J., Abraham, S., Tadeo, E. and **Rodríguez-Enríquez, C.** (2016): Life History and Mating Behavior of *Rhagoletis solanophaga* (Diptera: Tephritidae), a Non-Diapausing Species with Highly Variable Mating Duration. J. Insect Behav., 29.

Scheirs, J., De Bruyn, L. and **Verhagen, R.** (2000): Optimization of adult performance determines host choice in a grass miner. Proc. R. Soc. B Biol. Sci., 267: 2065–2069.

Scolari, F., Valerio, F., Benelli, G., Papadopoulos, N. T. and **Vaníčková, L.** (2010): Tephritid Fruit Fly Semiochemicals: Current Knowledge and Future Perspectives. Insects, 12, 408.

Scolari, F., Valerio, F., Benelli, G., Papadopoulos, N. T. and **Vaníčková, L.** (2021): Tephritid Fruit Fly

Semiochemicals: Current Knowledge and Future Perspectives. Insects, 12: 408.

Silvestro, D. and **Michalak, I.** (2010): raxmlGUI: a graphical front-end for RaxML. Org. Divers. Evol., 12: 1–3.

Smith, J. J. and **Bush, G. L.** (1997): Phylogeny of the Genus *Rhagoletis* (Diptera: Tephritidae) Inferred from DNA Sequences of Mitochondrial Cytochrome Oxidase II. Mol. Phylogenet. Evol., 7: 33–43.

Stöver, B. C. and **Müller, K. F.** (2010): TreeGraph 2: Combining and visualizing evidence from different phylogenetic analyses. BMC Bioinformatics, 11: 7.

Tsiropoulos, G. J. (1981): Effect of antibiotics incorporated into defined adult diets on survival and reproduction of the walnut husk fly, *Rhagoletis completa* Cress. (Dipt., Trypetidae). Z. für Angew. Entomol., 91: 100–106.

Tuba, K., Schuler, H., Stauffer, C. and **Lakatos, F**. (2012): First found of the walnut husk fly, (*Rhagoletis completa* Cresson 1929 – Diptera: Tephritidae), in Hungary. Növényvédelem, 48(9): 419–424.

Verheggen, F., Verhaeghe, A., Giordanengo, P., Tassus, X. and **Escobar-Gutiérrez, A.** (2017): Walnut husk fly, *Rhagoletis completa* (Diptera: Tephritidae), invades Europe: invasion potential and control strategies. Appl. Entomol. Zool., 52(1): 1–7.

Vitanović, E., Lopez, J. M., Aldrich, J. R., Juklić Špika, M. J., Boundy-Mills, K. and **Zalom, F. G.** (2020): Yeasts Associated with the Olive Fruit Fly *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae) Lead to New Attractants. Agronomy, 10(10): 1501.

Webster, R. P. and **Stoffolano, J. G., Jr.** (1978): The Influence of Diet on the Maturation of the Reproductive System of the Apple Maggot, *Rhagoletis pomonella*. Ann. Entomol. Soc. Am., 71(6): 844–849.

Yee, W. L. and **Goughnour, R. B.** (2008): Host plant use by and new host records of apple maggot, western cherry fruit fly, and other *Rhagoletis* species (Diptera: Tephritidae) in western Washington state. Pan-Pac. Entomol., 84: 179–193.

Zabiák, A.; Kovács, C.; Takács, F.; Pál, K.; Peles, F.; Fekete, E.; Karaffa, L.; Mihály, K.; Flipphi, M. és Sándor, E. (2023): *Diaporthe* and *Diplodia* Species Associated with Walnut (*Juglans regia* L.) in Hungarian Orchards. Horticulturae, 9*:* 205.

A DECEPTIVE SCENT, A FATAL CHOICE: QUINCE *(CYDONIA OBLONGA)* ODOR INDUCES OVIPOSITION IN FEMALE WALNUT HUSK FLIES

B. P. Molnár[1], A. L. Erdei[1], J. Simon[2], B. Kiss[1] and **Z. Kárpáti[1]**

[1]*Department of Chemical Ecology, Plant Protection Institute, Centre for Agricultural Research, HUN-REN, H-1116 Budapest, Fehérvári út 132, Hungary*
[2]*Department of Zoology, Plant Protection Institute, Centre for Agricultural Research, HUN-REN, H-1116 Budapest, Fehérvári út 132, Hungary*

Host plant recognition and acceptance for oviposition are fundamental determinants of reproductive success in phytophagous insects; nevertheless, oviposition on unsuitable host plants is not uncommon. Over several consecutive seasons, we observed high numbers of walnut husk fly *(Rhagoletis completa)* adults on European quince *(Cydonia oblonga),* where oviposition punctures, eggs, and newly hatched larvae were detected in the fruit. Electrophysiological and behavioural assays were conducted to investigate sensory and behavioural responses to volatile compounds from quince and walnut. Females, in particular, showed a strong positive response to volatiles emitted by quince fruit, suggesting that host plant recognition is not restricted to host-specific chemical cues. Our results indicate that, under natural conditions, the specialist walnut husk fly recognises and accepts quince as a suitable host for oviposition, despite quince acting as a so-called *dead-end host* that does not provide suitable conditions for successful offspring development, ultimately resulting larval mortality.

Keywords: walnut husk fly, *Rhagoletis completa, dead-end* host*,* quince, olfaction

Érkezett: 2028. október 18.

KRÓNIKA

RÖVID TUDÓSÍTÁS AZ AGRÁRKEMIZÁLÁSI TÁRSASÁG 145. ÜLÉSÉRŐL

Az Agrárkemizálási Társaság immár a 145. ülését tartotta meg 2026. október 6-án a Fejér megyei Sáregres-Rétimajorban. Dr. Pálmai Ottó, a Társaságunk elnöke üdvözölte a társasági ülésre érkező tagokat, majd tájékoztatott bennünket a kimentésüket kérő távol maradt tagtársakról. Ezt követően felkérte Lévai Ferenc urat, az Aranyponty Zrt. vezérigazgatóját, hogy „*Kint vagyunk a vízből? A Kárpát-medence és a Séd-Nádor-csatorna vízrendszere*" címmel tartson előadást: (https://www.dropbox.com/scl/fi/12adcz8w5r5hxpt3t0mdx/viz-l-vai.ppt?rlkey=he3ad34lf740u40td6m1urxno&st=ylyi46ph&e=1&dl=0). Az Aranyponty Zrt. Százhalombatta székhellyel fejti ki rendkívül széles körű tevékenységét (www.aranyponty.hu), valamint a Rétimajor Kft. leányvállalata közel 1000 hektáros természetvédelmi területen a halgazdálkodás mellett turisztikai és vendéglátó tevékenységet is folytat (www.retimajor.hu).

Az előadó a bevezetőjében először a százhalombattai Temperáltvizű Halszaporító Gazdaságról (TEHAG) beszélt, ami a magyar kormány és a FAO között 1970-ben aláírt kormányközi szerződés alapján létesült 1971–1974 közötti időszakban. Az 1976-tól állami gazdaságként működő intézmény legfontosabb feladatai a halszaporítás, ivadéknevelés, hazai és nemzetközi oktatás és technológiai fejlesztés voltak, amiben az előadó is jelentős szakmai tapasztalatot szerzett, amit később Algériában és közel-keleti országokban kamatoztatott.

Az előadás a világ és a víz kapcsolatával indult, majd a víz körforgásával folytatódott. Ezt követően az előadó áttért a Kárpát-medence kialakulására, a magyarországi vizek történelmére, szemléletesen beszélt a római kor fürdő kultúrájáról, majd a Kárpát-medence vízrendszeréről, a középkor vízgazdálkodásáról. Külön kitért a szabályozatlan hazai folyók problémáira, majd a főleg kézi erővel történt folyó szabályozás gigantikus méreteire. Részletezte a Fejér megyében történt vízrendezések körülményeit. Külön kitért az emberi szervezet és a víz kapcsolatára. Az előadás madártávlatból készült szemléletes fotókkal zárult.

Az előadó magával ragadó és szemléletes előadását követően az előadó vezetésével megnéztük a Rétimajorban lévő Aranyponty Halászati Múzeumot, ami az ősrégi halászati eszközök világát mutatja be. Az épület a valaha rendszeresen használt hálókkal, tapogatókkal és haltartókkal tematikusan kiállítva várja a látogatókat. A falakat lenyűgöző fekete-fehér fotók díszítik, melyek különleges értéket adnak a kiállításnak. A múzeum berendezői romos halászkunyhókból és poros padlásokról gyűjtötték össze ezeket az értékes tárgyakat, megmentve őket az enyészettől, hogy most a látogatók elé tárják.

A lenyűgöző előadást és a rendkívül látványos múzeumlátogatást követően a festői természetvédelmi terület szívében található étterembe voltunk hivatalosak, mely hagyományos magyar receptek alapján készíti fogásait, modern csavarral fűszerezve. Az étteremben megkóstolhattuk a gazdaság helyi haltermékeiből készült rendkívül ízletes ételeket.

Dr. Pálmai Ottó, a Társaságunk elnöke a nagyszerű előadást és a múzeumlátogatást követő megbeszélés bezárásaként végül az étteremben elismerését fejezte ki és köszönetet mondott az előadónak a szemléletes, kiválóan felépített és elmondott előadásért és múzeumlátogatásért, valamint erőt, egészséget és kitartást kívánt neki a további rendkívül széleskörű és hatékony vezetői munkájához.

Molnár János

MEGEMLÉKEZÉS

BÚCSÚ DR. PETRÓCZY ISTVÁN NY. EGYETEMI TANÁRTÓL

Dr. Petróczy István a Gödöllői Agrártudományi Egyetem (ma MATE) ny. egyetemi tanára 1928. szeptember 14-én született Faddon. Gimnáziumi érettségijét Szekszárdon, agrármérnöki diplomáját az Agrártudományi Egyetemen (1951) szerezte jeles minősítéssel. Ezt követően a Növénykórtani Tanszékre tudományos gyakornoknak nevezték ki. Oktató munkája kezdettől folyamatos volt, amelynek eredményeként egyetemi tanársegéd (1952–), adjunktus (1953–), egy. docens (1965–) és egyetemi tanár (1975–) státusba sorolták. A tanszék vezetésére 1969. augusztus – 1994. január kapott megbízást. Petróczy professzor úr az 1960-as években, az akkori mezőgazdasági termelési és növényvédelmi kihívásoknak megfelelően kidolgozta a növényvédelmi szakirány tantervét, tematikáját, s ezen oktatási formát munkatársaival nemzetközileg elismert színvonalra emelte. Az általa szerkesztett jegyzetek segítséget nyújtottak más felsőoktatási intézmények hallgatóinak is a növénykórtani és növényvédelemtani ismeretek elsajátításához. Mély emberséggel, szeretettel végezte az oktatás szervezését, irányítását, a tudásátadást. Évenként több száz hallgatót oktatott, vizsgáztatott, mintegy ezer növényvédelmi szakmérnök, 150 növénytermesztési szakmérnök és 250 környezetvédelmi szakmérnök képzésében vett részt. Így az emberi tényező oldaláról megalapozta a környezetkímélő növényvédelmet. A tanítványok évtizedek távlatából is elismeréssel nyilatkoztak munkájáról.

A tudományos diákköri munkát három évtizeden keresztül szolgálta, irányította. Tevékenységét hallgatóinak az országos és nemzetközi konferenciákon elért helyezései bizonyították. A hallgatók kutatómunkába való bevonását, illetve a kutatóknak az oktatásban való részvételét kezdettől szorgalmazta. Elsősorban az MTA Növényvédelmi Kutató Intézet tudósait – közöttük dr. Ubrizsy Gábor, dr. Király Zoltán és dr. Klement Zoltán akadémikusokat is – önálló tantárgy vitelére kérte fel. A későbbiek során számos entomológus, fitopatológus és herbológus személyével bővítette ezt a grémiumot, kezdeményezve c. egyetemi docensi, c. egyetemi tanári kinevezésüket.

Oktató munkájához szorosan kapcsolódik 12 éven át tartó dékánhelyettesi tevékenysége. A posztgraduális oktatást irányítva több új szakmérnöki szak indítását kezdeményezte. A nemzetközi ügyek dékánhelyetteseként együttműködési szerződések aláírását készítette elő (Egyiptom, Szíria, Jugoszlávia, Bulgária, akkori NSZK). Leghosszabb időt (2 ciklusban 6 évet) a kutatási ügyek szervezésével, korszerűsítésével töltött a Mezőgazdaságtudományi Karon. Ezen időszakhoz kapcsolódik a TMB Növénytermesztési Szakbizottságában végzett titkári tevékenysége. Munkáját mindig a tudományos meggyőződése, az igazságra való törekvés jellemezte.

Kutató munkájának eredményei a dohány, a paprika és a burgonya betegségei köré csoportosíthatóak. E témakörben készítette el és védte meg egyetemi doktori értekezését „*summa cum laude*” minősítéssel (1959). A kandidátusi disszertációját 1965-ben védte meg, az MTA Doktora (DSc) címet 1992-ben nyerte el.

Az MTA elnöksége kutatási tevékenységét három alkalommal pályadíjjal jutalmazta. A kandidátusi fokozat elnyerésétől számítva folyamatosan publikált magyar és idegen nyelvű lapokban, kilenc könyvet és jegyzetet, valamint 35 kutatási jelentést készített. Az eredményekhez nyolc elfogadott és a gyakorlatban is hasznosult szabadalma kapcsolódik. A szabadalmak eredményessége alapján Kiváló Feltaláló arany fokozatot, MÉM Miniszter I. díjat, valamint három miniszteri kitüntetést és a Munka Érdemrend bronz fokozata kormánykitüntetést kapott. 1994-ben Újhelyi-díjjal jutalmazták.

Tudományos iskolateremtő tevékenységéhez sorolható a nagyszámú hazai és külföldi aspirán-

sok egyetemi doktori értekezést készítők munkájának irányítása. Úttörő munkaként az 1980-as évektől *A búza művelőutas növényvédelmi technológiájának fejlesztése a szárazságtűrés növelése céljából* c. K+F témát, valamint *A mikotoxinok képződése és a detoxikálás lehetőségei* c. kutatási programot készítette elő nemzetközi együttműködéssel. Mindkét téma a környezetkímélést, a humán és az állategészségügyi biztonságot szolgálta. Az ENSZ több szervezete (WHO; UNIDO) felfigyelt eredményeire. Az UNIDO elsősorban a Tonplaszt® és az adjuvánsok+hidrogélek hűtőhatására vonatkozóan érdeklődött, amely a Föld légkörének melegedésével és az aszályos periódusok növekedésével, a sivatagosodással párhuzamosan egyre aktuálisabb.

Nemzetközi tudományos konferenciákon (Párizs, Belgrád, München, Wels, Leningrád, Arandelovac, Róma, Bologna, Padova, Novi-Sad, Bécs, Brno, Giessen, Berlin stb.) aktívan részt vett, előadásai, poszterei elsősorban mikotoxikológiai, csávázási, növényvédelmi-környezetvédelmi témakörűek voltak. Hivatalos kiküldetései, meghívásai Európa területére korlátozódtak, általában rövidek és célirányosak. Ny. e. tanárként 1996-tól végezte tudományos oktató-kutató munkáját.

Mint egykori diákja, később munkatársa, mélyen él bennem emberi szeretete, szakmai útmutatása, támogatása, amellyel elindított sokunkat a tudományos pályán. Nem tudom elfelejteni, hogy másokkal együtt én is milyen sokat köszönhetek neki pályafutásom alakulásában.

Kiss József

Bognár Sándor és Huzián László anyagai nyomán, a MATE Integrált Növényvédelmi Tanszéke nevében

MÁR MEGRENDELHETI A NÖVÉNYVÉDELEM FOLYÓIRATOT A 2027. ÉVRE

NÖVÉNYVÉDELEM FOLYÓIRAT MEGRENDELÉS

Megrendelés hosszabbítása a 2027. évre.

Előfizetési díj a 2027. évre: 15 500 Ft/év. A Növényorvosi Kamara és a Magyar Növényvédelmi Társaság tagjainak: **14 000 Ft/év. Diákoknak kedvezményesen 11 000 Ft/év!**

Mindhárom esetben plusz 5500 Ft, az éves postaköltség fele.

Megrendelem a Növényvédelem folyóiratot . . . . . példányban.

Kamara tag vagyok ☐, regisztrációs számom: . . . . . MNT tag vagyok ☐

Diák vagyok ☐, diákigazolvány számom: . . . . . .

Az előfizetési díjat a Környezetbarát Növényvédelemért Alapítvány K&H 10400054-00502306-00000000 számlájára a megrendelést követő 8. napig **befizetem** ☐

Az előfizetési díjhoz előre kérek számlát, amelyet 8 napon belül kiegyenlítek ☐

Az előfizetési díjhoz csekket kérek ☐

NYOMTATOTT BETŰVEL KÉRJÜK KITÖLTENI!

Megrendelő adószáma:	**Kézbesítés helye**
Neve:	Név: . . . . .
Számlázási címe: ☐☐☐☐	Cím: ☐☐☐☐ . . . . .
. . . . .	. . . . .
Ügyintéző neve:	. . . . .
Telefon:	E-mail: . . . . .
Dátum:	Aláírás: . . . . .

A Környezetbarát Növényvédelemért Alapítvány

Levelezési cím: 1116 Budapest, Fehérvári út 132. • E-mail: **balazs.klara@atk.hun-ren.hu**

BOTANIKA

DENDROLÓGIAI UTAZÁS KÖZELI ÉS TÁVOLI TÁJAKON (16.)

***Acer rufinerve* (rőterű juhar)** *(1. ábra)*

A juharfélék *(Aceraceae)* családjába tartozik. Az *Acer* nemzetségbe mérsékelt övi fa- és cserjefajok tartoznak, átellenesen álló, tenyeresen karéjos vagy páratlanul szárnyalt levelekkel. A virágtakaró zöldes vagy néha hiányzik, a porzók száma 5+5, de porzókiesés miatt rendszerint csak 4+4. Kétrekeszű termésükből egy szárnyas hasadótermés az ún. ikerlependék keletkezik. Jellemző a kalciumoxalát, fenolvegyületek és cukrok előfordulása. A szóban forgó faj, nevét onnan kapta, hogy a levelek fonákán, a bazális erek mentén, sűrű, vörös szőrzetet visel. Nálunk nincs kereskedelmi forgalomban, helyette a hasonló megjelenésű, vörös virágú japánjuhart *(A. japonicum)* ültetik.



1. ábra. A rőterű juhar pompás kerti díszcserje
Fotó [F.B. Hora (1976) nyomán]

***Acacia lanigera* (gyapjas akácia)** *(2. ábra)*

A mimózafélék *(Mimosaceae)* családjába tartozik. Az akáciák nemzetségének *(Acacia)* közel 800 faja kizárólag a Föld forró, trópusi-szubtrópusi tájain él. Virágaik fejecskében vagy fürtben állnak. Többségük élénksárga. Nemcsak a szirmok, hanem a sok hosszú szálú porzó is színes. A fajok több, mint a fele Ausztrália szavannáin alkot hatalmas erdőket, tövises bozótosokat. Nem véletlen tehát, hogy a jellegzetes ausztrál állatok, a kenguru és a kazuár mellett az akácia is helyet kapott az ország címerében. Nagyon sok haszonnövény van közöttük. Nemcsak faanyaguk értékes, hanem a fájukban található kitűnő cserzőanyagok, a mézgaszerű gumi, amit gumiarábikum néven régóta használ finom ragasztónak a gyógyászat, a textil- és a kozmetikaipar. Virágaik különleges illóolaja az illatszergyártásban fontos. Egyesek gyönyörű dísznövények, ezért a mediterrán vidéken mindenütt ültetik. Idegenforgalmi kiadványokból tudjuk, hogy a karácsony táján megjelenő szép, sárga pomponos hamvas akácia *(A. dealbata)* virágzása, az egykori Jugoszlávia területén valóságos népünnepély („mimózaünnep") volt. Megjegyezzük, hogy a hamvas akácia nem őshonos a mediterránban, az ausztráliai szavannákról vitték oda.



2. ábra. A gyapjas akácia mutatós fejecskevirágzatai
Fotó [V.H. Heywood (1975) nyomán]

Epilógus

Cikksorozatunk lírai lezárásaként, Juhász Ferenc: *A szent tűzözön regéi* című költeményéből idézünk egy strófát.

„Csak a növények nem futottak,
Mert a növények hűségesek a földhöz,
Mert a növények a földet fogva tartják,
Mert a növények a föld szent szeretői,
Mert a növények a földdel együtt halnak,
Mert a növények halála a föld reménytelensége."

Solymosi Péter †

KÖNYVISMERTETÉS

SZELÍD NÖVÉNYVÉDELEM A KISKERTEKBEN

KERTBARÁTOK, HA ÖSSZEFOGNAK…



A Nagykutasi Viktor vezetésével működő győri kertbarátoktól már évek óta megbízást kapok a házikerti növényvédelemmel kapcsolatos füzet megírására, évenkénti frissítésére. A sikeres pályázatuknak köszönhetően, 2026-ban teljesebbé válhatott a kiadvány. Két kiváló szerzőtárs munkájával a kiskerti tápanyagellátásról és a zöldségfélék növényvédelméről szóló fejezetekkel is kiegészülhetett a könyv. Ugyanis már egy 100 oldalas, 130 színes fotóval illusztrált keménykötésű könyvként született újjá a korábbi füzetsorozat. *Szelíd növényvédelem a kiskertekben* címmel, *A gyümölcsfélék, a szőlő, a zöldségek és a dísznövények környezetkímélő növényvédelme* alcímmel.

Megérdemelte a könyv formát, mert két kiváló szakember fejezeteivel is kiegészülhettek a gyümölcsfélék, a szőlő és a dísznövények növényvédelméről szóló fejezeteim. Havasréti Béla növényorvos, agrozoológus a kertekben termesztett zöldségfélék betegségeiről, Mayerhoffer Attila kertészmérnök, szaktanácsadó pedig a kerti talajokról, a hiánybetegségekről és a megelőzés lehetőségeiről írtak fejezeteket.

Az írás során mindannyiunk szeme előtt az lebegett, hogy a hobbikertekben is megvalósítható és környezetkímélő módszereket javasoljunk. Így kiemelt szerepet szántunk pl. az egyszerű anyagok és az előrejelző eszközök bemutatásának, de pl. a talajvizsgálat jelentőségét is hangsúlyoztuk az első fejezetben. Természetesen növényvédő szereket is ajánlottunk, ezek minden esetben a gazdaboltokban is kapható III. kategóriás készítmények voltak.

A könyv talán legnagyobb erénye az, hogy 2026-ban zártuk le az írást és a szerkesztést. A klímaváltozással egyre újabb károsítók jelennek meg a házikertekben is. Küzdeniük kell a napégéssel, az aszállyal és a szűkülő növényvédő szerkínálattal. Érdemes lenne évente frissíteni a leírtakat. Újabb egyszerű anyagok is engedélyt kaptak, a mellékeltekbe már nem csak a japán cserebogár ismertetése kerülne be és több növényvédő szert kihúznánk, mert II. kategóriások lettek.

A könyv megvásárolható a gazdaboltokban és online is megrendelhető a gazdabolt.hu oldalon.

Zsigó György

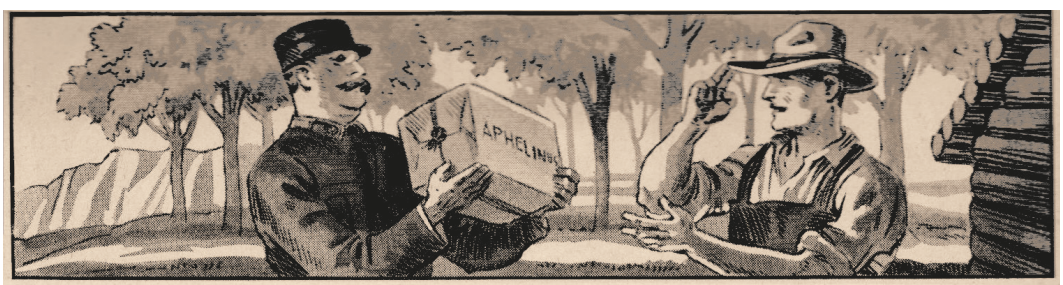
FOLYÓIRATUNK MÚLTJÁBÓL

HASZNOS ROVAROK „GYÁRTÁSA”

A közelmúltban több alkalommal mutattam be egy-egy kártevő természetes ellenségeit. Kiemelten ismertettem a vértetű elleni biológiai védekezés bevezetésének magyarországi történetét. Ezekben a példákban a parazitákat, vagy predátorokat egyszerűen áttelepítették olyan helyekre, ahol nem jelentek, jelenhettek meg természetes úton. Az áttelepítés történhetett országon belül és országok közt (lásd: vértetű fürkész), vagy akár földrészek között is (lásd: pl. kaktuszmoly). Az új élőhelyen az oda költöztetett rovarok gyorsan szaporodtak és pusztították a kártevőket, többször meglepően gyorsan, de különböző okok miatt előfordultak sikertelen akciók is. Nem is kevés.

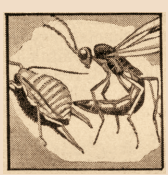
A XX. század elején aztán a biztonságosabb és eredményesebb védekezés érdekében új iparág alakul ki: a hasznos rovarok tenyésztése. Mint az osztrák szerzők munkájában láthatjuk, szinte hihetetlen, sok milliós mennyiségben. Magyarországon – talán a pénz hiánya miatt is – ebben az időszakban nem tudok ilyen irányú kezdeményezésről. Néhány év múltán az egyre nagyobb számban megjelenő hatékony rovarölő szerek háttérbe szorították a biológiai védekezési módszereket, különösen a klórozott szénhidrogének elterjedése után. Később a túlzott peszticidhasználat kedvezőtlen környezeti hatásai, a rezisztens károsítók megjelenése a 70-es években a biológiai növényvédelem reneszánszát indították el.

A cikkben bemutatott módszerek (megjelent az 1935. évi novemberi számban) a szakemberek előtt jórészt ismertek, ugyanakkor technikai szempontból régen túlhaladottak, ezért inkább néhány fényképet csatolok és néhány számadatot másolok ide.



Hasznos rovarok „gyártása"

Irták: Fulmek Leopold udvari tanácsos Wien és Ripper Walter Angern.



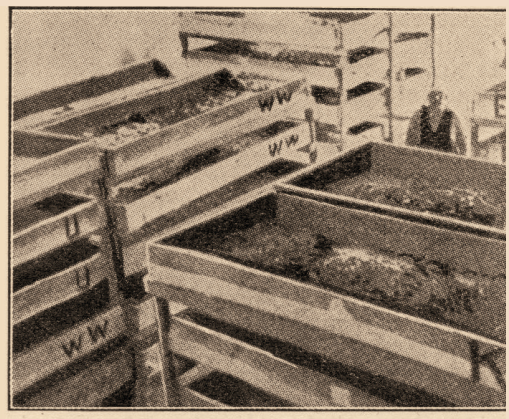
Különböző országokban az utóbbi években szabályszerű iparrá fejlődött a piciny trichogrammának, röviden trix-nek a tenyésztése. A trix majdnem mindenütt othonos, de ha fellépését tömegtenyésztéssel elősegítik, hatását rendkívül fokozni lehet. Jó segítőtársnak bizonyult a káposztalepke, cukornádbogár, a rizsmoly és más nagyobbfajta kártevő elleni küzdelemben.

Egy amerikai «trixgyár» évi termelése 30 millió darázs, de Németországban is van olyan, amely évente 8 milliót tenyészt.

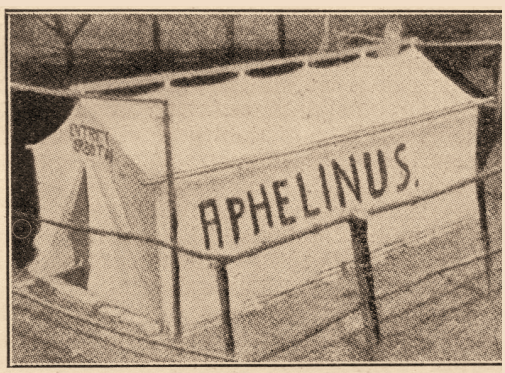
1931. évi amerikai hirdetések szerint a trichogramma ára 1000 darabonkint 0.5 dollár, 10 millió darabonkint 2000 dollár volt.

Ebben a szűk keretben nem térhetünk ki minden parazitafaj tenyésztésére, csak pár szót szólunk még a kaliforniai katicabogártenyésztelepekről.

A coleus- és kaktuszféléken található gyapjas tetűfaj károsítja Kaliforniában a narancs- és citromültetvényeket. Már 1895-ben hozott *Köbele* Ausztráliából egy hasznos rovart — egy katicabogár-fajt — a *Criptolaemus montrouzieri* Muls.-ot, de ez Kaliforniának csak bizonyos vidékein él meg egész éven át, a többi helyen 16 parazitagyárban évente újra kell tenyészteni. Ez a következő módon történik : sötétben burgonyát hajtatnak és ezen gyapjastetűt tenyésztenek. Ha már elég van belőlük, a telepekre katicabogarakat hoznak, ezek az állandó kedvező hőmérsékleten igen gyorsan szaporodnak. 1928-ban 40 millió ilyen katicabogarat tenyésztettek és ezekkel 20.000 hektár narancsültetvényen védekeztek a gyapjastetű ellen.



Hernyótenyésztő ládák egy «rovargyárban».



Sátor fekete darazsak tömeges szaporítására.



Rablólegyek petéinek szétküldése.

Eke István

A NÖVÉNYVÉDELMI KLUB

2026. december 7-én, hétfőn 15.00 órakor a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, MGEI tárgyalójában tartjuk. (1024 Budapest, Kis Rókus u. 15/A. II. em. 27.)

A klubdélutánon **Hornok László**
professor emeritus, az MTA rendes tagja

BEPILLANTÁS A *FUSARIUMOK* VILÁGÁBA

címmel tart előadást.

A klubdélután ingyenes, már 14.30-tól várunk mindenkit baráti beszélgetésre.

VÁRJUK A FIATAL ÉRDEKLŐDŐKET AZ ÖSSZEJÖVETELEINKEN!

Dr. Tarjányi József és **Zsigó György**
a Klub elnöke a Klub titkára

JOGSZABÁLYFIGYELŐ MOLNÁR JÁNOSTÓL NÖVÉNYVÉDELEMMEL KAPCSOLATOS
– KIHIRDETETT – JOGSZABÁLYOK

- A 90/2026. (V. 13.) Korm. rendelet a Kormány tagjainak feladat- és hatásköréről
  https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a2600090.kor
- A 6/2026. (IX. 11.) AÉM utasítás az Agrár- és Élelmiszergazdaságért Felelős Minisztérium Szervezeti és Működési Szabályzatáról
  https://njt.jog.gov.hu/jogszabaly/2026-6-B0-31
- A 273/2026. (X. 9.) Korm. rendelet a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal szakmai irányítói jogkörével kapcsolatos kormányrendeletek módosításáról
  https://njt.jog.gov.hu/jogszabaly/2026-273-20-22
- A 2026. évi LXVII. törvény az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről szóló 2008. évi XLVI. törvénynek, valamint a szőlészetről és borászatról szóló 2020. évi CLXIII. törvénynek a szőlő aranyszínű sárgaság növénybetegséggel kapcsolatos módosításáról
  https://njt.jog.gov.hu/jogszabaly/2026-67-00-00
- A Bizottság (EU) 2026/2250 végrehajtási irányelve (2026. október 12.) a 2014/21/EU végrehajtási irányelvnek a szuperelit vetőburgonya magról szaporított burgonyafajták valódi burgonyavetőmagjából történő termesztése és a 2002/56/EK tanácsi irányelv III. mellékletének a vetőburgonyára vonatkozó címkézési követelmények tekintetében történő módosításáról
  https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202602250
- A Bizottság (EU) 2026/2289 rendelete (2026. október 15.) a 396/2005/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet II. mellékletének a bizonyos termékekben, illetve azok felületén található acekinocil, deltametrin, dodin, malein-hidrazid, pinoxaden és protiokonazol megengedett szermaradék-határértékei tekintetében történő módosításáról
  https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202602289
- A Bizottság (EU) 2026/2299 rendelete (2026. október 15.) a 396/2005/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet II. és III. mellékletének a bizonyos termékekben, illetve azok felületén található difenokonazol megengedett szermaradék-határértékei tekintetében történő módosításáról
  https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202602299
- Bizottság (EU) 2026/2340 végrehajtási rendelete (2026. október 22.) az Urtica spp. egyszerű anyag felhasználásának kiterjesztésére vonatkozó jóváhagyásnak a növényvédő szerek forgalomba hozataláról szóló 1107/2009/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti megtagadásáról
  https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202602340
- A Bizottság (EU) 2026/2348 végrehajtási rendelete (2026. október 23.) az 540/2011/EU végrehajtási rendeletnek a 2,5-diklór-benzoesav-metilészter, az acekinocil, az ecetsav, az alumínium-foszfid, az amidoszulfuron, a buprofezin, a kalcium-karbid, az emamektin, az etilén, a C7–C20 zsírsavak, a fenoxaprop-P, a flonikamid (IKI-220), a haloszulfuron-metil, a vas-szulfát, a magnézium-foszfid, a metamitron, a narancsolaj, a kinmerak, a nátrium-ezüst-tioszulfát, a szulkotrion, a tembotrion, a Trichoderma asperellum ICC012, T25 és TV1 törzse, a Trichoderma atroviride T-11 törzse, a Trichoderma gamsii ICC080 törzse, a Trichoderma harzianum T-22 és ITEM 908 törzse és a cink-foszfid hatóanyag jóváhagyási időtartamának meghosszabbítása tekintetében történő módosításáról
  https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=OJ:L_202602348

TARTALOM

Csilléry Gábor: Visszatekintés a paprika rezisztencianemesítés elmúlt száz évére. Új korszak kezdődik 477
Molnár Béla Péter, Erdei Anna Laura, Simon Janka, Kiss Balázs és *Kárpáti Zsolt:* Megtévesztő illat, végzetes döntés: a birs illata *(Cydonia oblonga)* peterakásra csábítja a dióburok-fúrólégy *(Rhagoletis completa)* nőstényeit 496

Krónika
Molnár János: Rövid tudósítás az Agrárkemizálási Társaság 145. üléséről 516

Megemlékezés
Kiss József: Búcsú dr. Petróczy István ny. egyetemi tanártól 517

Botanika
Solymosi Péter: Dendrológiai utazás közeli és távoli tájakon (16.) 519

Könyvismertető
Zsigó György: Szelíd növényvédelem a kiskertekben. Kertbarátok, ha összefognak... 520

Folyóiratunk múltjából
Eke István: Hasznos rovarok „gyártása” 521

Jogszabályfigyelő Molnár Jánostól 523

CONTENT

Csilléry, G.: Looking back at the past hundred years of breeding peppers for resistance. A new era begins 477
Molnár, B. P., Erdei, A. L., Simon, J., Kiss, B. and *Kárpáti, Z.:* A deceptive scent, a fatal choice: quince (*Cydonia oblonga***)** odour induces oviposition in female walnut husk flies 496

Chronicle
Molnár, J.: Brief report on the 145st meeting of the Agricultural Chemicals Association 516

In Memoriam
Kiss, J.: In memory of Dr. István Petróczy, retired university professor 517

Botany
Solymosi, P.: Dendrological journey in nearby and distant lands (16) 519

Book review
Zsigó, Gy.: Eco-friendly plant protection in small gardens. Gardeners, if they join forces.... . . . 520

From the past of our journal
Eke, I.: “Producing” beneficial insects 521

Legislation reviews from János Molnár 523

MTA Agrártudományok Osztály, Növényvédelmi Tudományos Bizottság
HUN-REN ATK Növényvédelmi Intézet, MATE Növényvédelmi Intézet,
Magyar Növényvédelmi Társaság,
Agrárminisztérium Élelmiszerlánc-Felügyeleti Főosztály

Kedves Kolléganő, Kedves Kolléga!

Az MTA Agrártudományok Osztályának Növényvédelmi Tudományos Bizottsága, a HUN-REN ATK Növényvédelmi Intézete, a MATE Növényvédelmi Intézete, valamint a Magyar Növényvédelmi Társaság – együttműködve az AM Élelmiszerlánc-Felügyeleti Főosztályával - megrendezi a

„73. NÖVÉNYVÉDELMI TUDOMÁNYOS NAPOK" rendezvényét,

melynek időpontja: **2027. február 16–17. (kedd-szerda)**

A plenáris ülés, valamint az egyes szekcióülések (Növénykórtan, Agrozoológia, Gyomnövények, gyomirtás) ÚJRA A HAGYOMÁNYAINKNAK MEGFELELŐEN, a régi helyszínen, 2027. február 16-án az **MTA Székházában** (1051 Budapest, Széchenyi István tér 9.), kerülnek megtartásra. A szekcióülések február 17-i megtartásáról a **MATE Budai Campus, K épületében** (1118 Budapest, Villányi út 29–43.) az előadások számának függvényében döntünk. Projektor használatára valamennyi teremben lehetőség lesz. A rendezvényre **csak olyan előadással,** illetve **poszterrel** lehet jelentkezni, amely **más magyar nyelvű szakmai fórumon** még **nem szerepelt.** A konferenciára a attilahaltrich@gmail.com e-mail címre küldött levéllel lehet jelentkezni **2026. november 16-ig,** a munka rövid magyar nyelvű összefoglalóját **csatolva.** A címzésbe másolatba kérem tegyék be az adott szakosztály titkárának címét is: Növénykórtani Szakosztály: pintye.alexandra@atk.hu, Agrozoológiai Szakosztály: Radacsine.Hari.Katalin@uni-mate.hu, Gyomnövények, Gyomirtás Szakosztály: danczai@gmail.com. A **Word** fájl neve tartalmazza az **első szerző nevét,** a szekció nevének rövidítését, valamint, hogy előadásként, ill. poszterként szeretné bemutatni **(„agrozoo", „kórtan" „gyom",** ill. **„előadás"** vagy **„poszter".** Példa fájlnév: **Kovács János-kórtan poszter.doc** vagy docx). **Minden levél érkezése után rövid visszajelzést küldünk.** Amennyiben nem kapnak visszajelzést, nagy valószínűséggel a küldött anyag sem érkezett meg. Felhívjuk a figyelmet, hogy a beérkezésről való visszajelzés még nem jelenti az anyag szakmai elfogadását! Várunk olyan összefoglalókat is, amelyek interdiszciplináris szemléletben az integrált növényvédelem témaköréhez kapcsolódnak. Az összefoglalókat, a fent részletezett módon, de az **„int"** megjelöléssel kell beküldeni, másolatban petrikovszki.renata@uni-mate.hu e-mail címre. Az ilyen jellegű jelentkezések számától függően az MNT vezetősége dönthet egy önálló, Integrált növényvédelem szekció szervezéséről is. Kis számú jelentkezés esetén az összefoglalók a leginkább érintett szekcióba kerülnek besorolásra.

Amennyiben a járványügyi vagy más ok miatt a konferencia fizikai megtartása lehetetlenné válik, akkor elektronikus formában megjelenik az absztrakt füzet, de *online* rendezvényt nem tartunk. Az elkészült előadások díái és a poszterek – amennyiben a szerzők ezeket elkészítik, és megjelentetésükre igényt tartanak – felkerülnek a Magyar Növényvédelmi Társaság honlapjára.

Az **összefoglaló tömören és tagoltan** tárgyalja magyar nyelven a munka megértéséhez szükséges információkat, így a célkitűzést, a módszert és az eredményeket. **Az összefoglalóban fel kell tüntetni a levelező szerző e-mail címét, az angol és magyar nyelvű kulcsszavakat, valamint az előadás angol nyelvű címét is.** A jelentkezések elfogadásáról a **Szervezőbizottság** dönt. A jelentősebb javítást, átdolgozást igénylő vagy esetlegesen szakmai szempontból nem elfogadható (pl. nem kifejezetten növényvédelmi témájú) összefoglalók rövid határidejű javításáról illetve elutasításáról a Bizottság tájékoztatja a levelező szerzőt. A Bizottság által elfogadott összefoglalókról külön értesítést nem küldünk. Az adott szakmai bizottságnak jogában áll átsorolni az előadásra beküldött anyagot poszterré, ha úgy ítéli meg, hogy a jelentkezők által beküldött előadások száma meghaladja a konferencia rendelkezésére álló időkeretet, vagy fordítva, amennyiben a poszterek száma meghaladja a kiállítható mennyiséget. A Szervezőbizottság ilyenkor felajánlja a jelentkezőnek, hogy posztere anyagát rövid előadás formájában mutassa be. A tudományos napok anyagából kizárólag elektronikusan megjelentetett kiadványban nemcsak az ott elhangzó, hanem valamennyi, a konferenciára elfogadott összefoglaló szerepel majd. Az elektronikus kiadvány a szokásos módon ISBN számmal jelenik meg a Magyar Növényvédelmi Társaság honlapján.

Kérjük a szerzőket, hogy a konferencia kiadvány egységes megjelenítése érdekében az egyoldalas összefoglalókat, a csatolt mintához hasonlóan, A/4-es méretben, a lapszélektől 2,5 cm-es távolságot tartva, szimpla sorközzel, 12-es betűmérettel, Times New Roman betűtípussal, szerkeszthető **Word** dokumentumként, **csatolt fájlként** (!), a formai követelményekre ügyelve (*cím nagybetűvel és vastagon, balra zárva, szerzők nagybetűvel, balra zártan, társszerzők egymástól vesszővel elválasztva, különböző munkahelyek esetén a név mellé számozott indexet írva, majd a munkahelyeket a szerzők sorrendjében feltüntetve, e-mail cím dőlten, balra zártan, szövegtörzs sorkizártan)* készítsék el. **A tartalmi vagy formai követelményeket figyelmen kívül hagyó, valamint a fent megadott határidőn túl beérkező jelentkezéseket sajnos nem áll módunkban elfogadni!**

Szíves együttműködését előre is köszönjük!

Budapest, 2026. október 20.

Dr. Kazinczi Gabriella
az MTA doktora, elnök
Magyar Növényvédelmi Társaság

Dr. Salánki Katalin
az MTA doktora, elnök MTA
Növényvédelmi Tudományos Bizottság

Dr. Kontschán Jenő
az MTA doktora, igazgató
HUN-REN ATK
Növényvédelmi Intézet

Dr. Fail József
PhD, igazgató
MATE Növényvédelmi Intézet

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

NÖVÉNYVÉDELEM

anno 1935

Keszthelyi Növényvédelmi Fórum 36. alkalommal várja a növényvédelmi szakembereket és a téma iránt érdeklődőket.

Időpont: 2027. január 20–22.

Helyszín: MATE Georgikon Campus – A épület,
8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16.

A rendezvény kiváló lehetőséget kínál arra, hogy a termelés, a szolgáltatás, a kereskedelem, a szakigazgatás, valamint a kutatás és felsőoktatás területén dolgozó szakemberek eszmecserét folytassanak, megosszák tapasztalataikat és megvitassák a legfrissebb szakmai eredményeket.

Szeretne kéziratot beküldeni?

Az angol nyelvű beküldött kézirat a Georgikon for Agriculture folyóirat elektronikus változatában, a magyar nyelvű beküldött kézirat a MezőHír szaklap januári számában jelenik meg.

Regisztrációs díj: 16 000 Ft

Cégként poszter- és reklámanyagok bemutatása: 60 000 Ft

XXXVI. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum hivatalos honlapja:
https://georgikonalapitvany.hu/xxxvi-keszthelyi-novenyvedelmi-forum/
https://georgikonalapitvany.hu/36th-plant-protection-forum-keszthely-2027/

Program:

2027. január 20. (szerda)
09:00–10:00 Regisztráció
10:00–16:00 Prekonferencia

2027. január 21. (csütörtök)
09:00–10:00 Regisztráció
10:00-12:30 Megnyitó, Plenáris ülés
13:00–14:00 Ebédszünet
14:00–17:00 Szekcióülések
19:00– Fogadás

2027. január 22. (péntek)
09:00–09:30 Regisztráció
09:30–12:30 Fórum
13:00–14:00 Ebéd

Szeretettel várunk minden kollégát és szakma iránt érdeklődőt!