

Doktori értekezés tézisei

Szelényi Magdolna Olivia

Gödöllő

2025



HUNGARIAN UNIVERSITY OF
AGRICULTURE AND LIFE SCIENCES

ILLATANYAGGYŰJTÉS, ÉRZÉKELÉS ÉS VISELKEDÉS – A
ROVAROK KÉMIAI ÖKOLÓGIAI VIZSGÁLATÁNAK HÁROM
ASPEKTUSA

DOI: 10.54598/006260

Szelényi Magdolna Olivia

Budapest

2025

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola
tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok
vezetője: Zámboriné Dr. Németh Éva, DSc.
tanszékvezető, egyetemi tanár
MATE
Kertészettudományi Intézet, Gyógy- és
Aromanövények Tanszék
Témavezetők: Dr. Molnár Béla Péter
tudományos főmunkatárs
Növényvédelmi Intézet,
HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont;
vezető kutató
DSM-Firmenich / SwissTPH
† Dr. Vétek Gábor
egyetemi docens
Növényvédelmi Intézet,
MATE

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

BEVEZETÉS

A munka előzményei

A globalizáció és az éghajlatváltozás miatt az invazív kártevő fajok kártétele egyre hangsúlyosabbá válik; a kártétel menedzsmentjéhez innovatív és környezetbarát stratégiákat kidolgozása szükséges. A peszticidek növekvő használata az emberi egészségre, és a biológiai sokféleségre is kockázatot jelent. A kémiai ökológia jelentősége megnőtt a rovarok viselkedésének megértésében játszott kritikus szerepe és a fenntartható mezőgazdaságra és növényvédelemre gyakorolt hatása miatt, ami fokozza a kémiai ökológia elveit integráló alternatív megoldások iránti igényt.

A rovarok nagymértékben támaszkodnak illatanyagokra viselkedésük során. A szemiokemikáliák közül a feromonok elsősorban a fajon belüli kommunikációra szolgálnak, megkönnyítve a párválasztást és az aggregációs viselkedést; az allelokemikáliák, például az allomonok és kairomonok a fajok közötti kommunikációt befolyásolják. Az allelokemikáliák közül a növények által kibocsátott illatanyagok különösen fontosak a rovar-gazdanövény interakciók közvetítésében (Hansson and Wicher, 2016). Az illatanyagok gyűjtési technikáiban, például a dinamikus légtérmentavételben és a szilárd fázisú mikroextrakcióban (SPME) elért legújabb fejlesztések javították a rovarok viselkedése szempontjából releváns, növények által kibocsátott vegyületek azonosítását (Hansson and Wicher, 2016; Tholl et al., 2021). A vegyületeket gázkromatográffal kapcsolt tömegspektrométerrel (GC-MS) azonosítják. Ezzel párhuzamosan a csápdetektoros gázkromatográfia (GC-EAD) betekintést nyújt a kártevők szaglórendszerébe, lehetővé téve az érzékelés szempontjából aktív illatanyagok azonosítását.

A *Metcalfa pruinosa*, az amerikai lepkebabóca és a *Drosophila suzukii*, a pettyesszárnyú muslica példaértékű esetei a mezőgazdasági károkat okozó invazív fajoknak. Az amerikai lepkebabóca rendkívül polifág vektorfaj, amely

nemcsak kórokozókat hordoz, hanem mézharmat-kiválasztásán keresztül elősegíti a fekete penész terjedését is (Seo et al., 2019; Mergenthaler et al., 2020). A pettyesszárnú muslica képes az érő gyümölcsökbe petézni, közvetlen kárt okozva ezzel például a cseresznyében és a bogyós gyümölcsökben (Asplen et al., 2015; Knapp et al., 2021).

A mikrobiális közösségek, például az élesztőgombák szerepe egyre nagyobb figyelmet kap a rovarökológiában. A gyümölcsökhöz és rovarokhoz társuló élesztők olyan illatanyagokat (VOC) termelnek, amelyek vonzzák a kártevőket, mint például a pettyesszárnú muslica (Becher et al., 2012). Ezek az élesztők, mint például a *Hanseniaspora uvarum*, olyan vegyületeket bocsátanak ki, mint az etil-acetát és az izoamil-acetát, amelyek erős attraktánsok lehetnek (Revadi et al., 2013; Piñero et al., 2019). Az élesztőalapú csalétek beépítése a kártevő-kezelési stratégiákba a kémiai rovarölő szerek környezetileg fenntartható alternatíváját kínálja.

Célok

A dolgozat három, a kémiai ökológia jelentős, a kártevők elleni védekezés szempontjából releváns munkafolyamatára összpontosít:

Többféle mintavételi technika összehasonlítása: Az első tanulmány különböző adszorbensek kombinációit és különböző mintavételi időket hasonlít össze a növény légteréből történő illatanyagok gyűjtésének optimalizálása céljából. Ez azért kulcsfontosságú, mert a begyűjtött vegyületek jelentősen eltérhetnek a gyűjtési technikától függően, ami hatással lehet a növény-rovar kölcsönhatások későbbi elemzésére.

Módszertani fejlesztés az elektrofiziológiai kísérletekben: A második tanulmány amellett, hogy megbízható módszert dolgoz ki a *Metcalfa pruinosa* kabóca fajon végzett elektrofiziológiai mérések elvégzésére, az *Auchenorrhyncha* fajok szaglólórendszerével foglalkozik; célja a *M. pruinosa*

által érzékelt illékony vegyületek azonosítása, ami elengedhetetlen az új területek kolonizálása és a megfelelő élőhelyek felkutatása során tanúsított viselkedésének megértéséhez.

Új, élesztőalapú, attraktáns kifejlesztése a D. suzukii számára: A harmadik tanulmány a *Drosophila suzukii* számára új, élesztőalapú csalogatóanyagok kifejlesztésére összpontosít, kihasználva a kártevő és bizonyos élesztőfajok, például a *Hanseniaspora uvarum* közötti kapcsolatot. Terepi körülmények között korlátozott adatok érhetők el az élesztők és az élesztővel fertőzött gyümölcsök vonzerejével kapcsolatban. A tanulmány különböző élesztőfajokat és az általuk kibocsátott illóanyagokat tesztelte, hogy hatékony és a nem célfajokra szelektív attraktánsokat azonosítson.

Doktori dolgozatom hozzájárul a kémiai ökológia különböző munkafolyamataihoz azáltal, hogy az invazív rovarfajokkal és a növényekkel, mikrobákkal való kölcsönhatásaikkal kapcsolatos konkrét kihívásokkal foglalkozik.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Többféle mintavételi technika összehasonlítása

Az illatanyagokat saláta (*Lactuca sativa*) légtéréből dinamikus mintavételi módszerrel gyűjtöttük. A kísérleteket háromféle adszorbenssel végeztük (Porapak Q, HayeSep Q és Carbotrap) és 4 mintavételi idő (1, 2, 4 és 6 óra) kombinációjával végeztük. A növényeket ellenőrzött üvegházi körülmények között termesztettük, a hőmérsékletet 18-25 °C között, a relatív páratartalmat pedig körülbelül 40%-on tartottuk. Az adszorbensek 50 mg adszorbenst tartalmaztak, amelyet a Molnár és munkatársai (2015) által leírtak szerint előtisztítottunk. A szénszűrt levegőt (1 L/perc) vákuumszivattyú (Thomas G 2/02 EB) segítségével szívtuk át a rendszeren. Az illatanyagokat 300 µl n-hexánnal eluáltuk az adszorbensekről, és Agilent 6890 gázkromatográfval kapcsolt 5975 C MSD tömegspektrométerrel elemeztük. A gázkromatográf nem poláros HP-5 UI oszlopán 1 mL/perc áramlási sebességű hélium volt a vivőgáz. A hőmérsékletprogram 50 °C-ról nőtt 300 °C-ra. A tömegspektrumokat a 35-500 m/z tartományban szkenneltük. A vegyületek azonosítása a NIST 2017 könyvtára és a Kovats-indexek segítségével történt. Az illatanyagok megkötésének hatékonyságát a Microsoft Excelben implementált rangszámkülönbségek összege (SRD) módszerrel értékeltük. Az SRD lehetővé tette az adszorbensek és a mintavételi idők kombinációinak összehasonlítását a megkötött illatanyagok mennyisége alapján. A statisztikai megbízhatóság érdekében minden kombináció négy ismétlést tartalmazott.

Módszertani fejlesztés az elektrofiziológiai kísérletekben

A *Metcalfa pruinosa* nimfákat Martonvásáron gyűjtöttük, és puszpángon (*Buxus sempervirens*) neveltük fel ellenőrzött klímakamra körülmények között (26 ± 2 °C, $50 \pm 10\%$ RH, 16:8 L:D fotoperiódus). Mind a kifejlett egyedeket, mind a nimfákat gázkromatográfval kapcsolt

elektroantennográf (GC-EAD) mérésekhez használtuk, hogy azonosítsuk a csápaktív növényi illatanyagokat. Az illatanyagokat *Tagetes patula*, *Ailanthus altissima* és *Aristolochia clematitis* hajtásaiból gyűjtöttük dinamikus légtérmentavételezéssel szén adszorbensre. A GC-EAD méréseket HP Agilent 5890 GC-vel és Syntech IDAC-2 interfésszel végeztük. A mérő elektródot a pedicel közelében, a referenciaelektródot pedig a rovar fejében, a tort a fejtől elválasztó membrán átszakításával helyeztük el. Adult nőtény és hím egyedek érzékenységét *T. patula* ($N_f = 9$, $N_m = 8$), *A. altissima* ($N_f = 3$, $N_m = 3$) és *A. clematitis* ($N_f = 4$, $N_m = 3$) illatanyagaival vizsgáltuk. A nimfák érzékenységét a *T. patula* ($N_n = 9$) segítségével értékeltük. A statisztikai elemzésekhez Fisher-féle egzakt próbát és Wilcoxon-féle rangösszegtesztet alkalmaztunk (rstatix csomag (v4.1.2) az R program). A p -értékeket a FDR módszerrel korrigáltuk. A válasz amplitúdókat lineáris kevert modell (lme4 csomag) segítségével elemeztük, random hatásként a replikációk számát is figyelembe véve.

Új, élesztőalapú, attraktáns kifejlesztése a *D. suzukii* számára

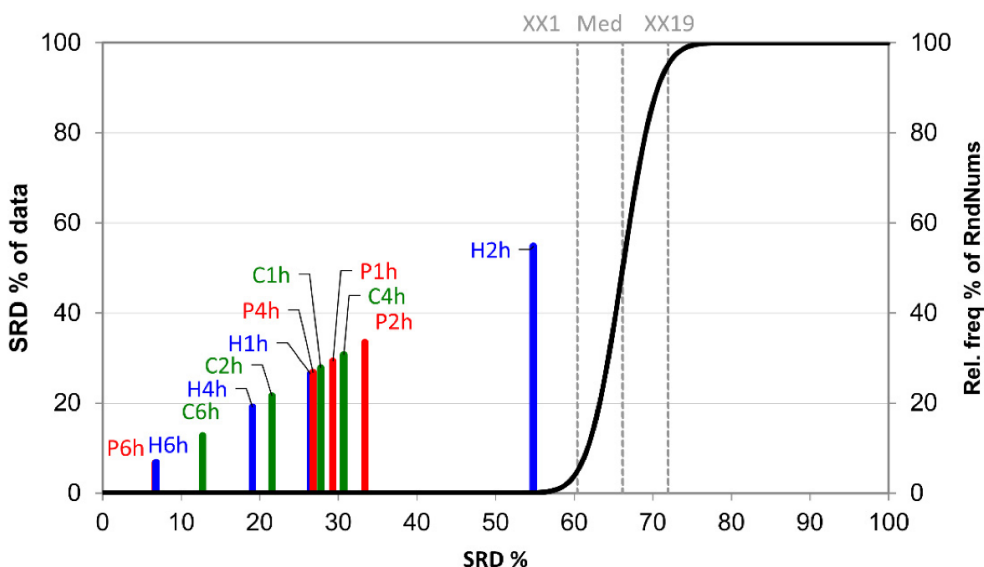
Négy élesztőfajt – *Hanseniaspora uvarum* (HU), *Metschnikowia pulcherrima* (MP), *Pichia terricola* (PT) és *Saccharomyces cerevisiae* (SC) – MGYP táptalajon, standard laboratóriumi körülmények között tartottunk. Az élesztőket autoklávozott MGYP-tápotdatba vagy almalébe (AHU) oltottuk, és 26 °C-on, 150 fordulat/perccel vízszintes rázógépen növesztettük $129 \pm 15,5$ sejt/ml sejtszámig. A szabadföldi kísérleteket egy meggyültetvényben (Berkenye, Magyarország) végeztük 2019 szeptembere és októbere között. A 9 bemeneti lyukkal rendelkező fél literes palackcsapdákat 200 ml élesztőkultúrával töltöttük meg és kb. 170 cm magasságban függesztettük fel a gyümölcsösben. A csalétket háromnaponta cseréltük, és a befogott rovarokat sztereomikroszkóp alatt azonosítottuk. A fogási adatok statisztikai

elemzését általánosított lineáris modellel (MASS csomag) elemeztük. A nem parametrikus páronkénti összehasonlításokat a multcomp csomag segítségével végeztük. Az élesztőkultúrák illatanyag-profiljait nem parametrikus többdimenziós skálázás (NMDS) és PERMANOVA (vegan csomag) segítségével elemeztük. A csúcsterületek normalizálása és standardizálása a Jaccard-féle disszimilitási indexek kiszámítása előtt történt.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Többféle mintavételi technika összehasonlítása

A teljes ion kromatogram-elemzés során összesen 149 illatanyagot azonosítottunk. Az azonosított vegyületek közül több egyezik korábbi tanulmányokban megtalált vegyületekkel, például az α - és β -pinén, a D-limonén és a β -kariofillén (Lonchamp et al., 2009; Nomaani et al., 2013).



1. ábra A skálázott SRD-értékek a mintavételi eljárás után a csúcs alatti területek integrált értéke alapján a rangszámkülönbségek összegével számolt értékek. A vegyületek maximális értékeit használtuk referenciaként. A skálázott SRD-értékeket az x-tengelyen; a jobb oldali y-tengelyen a relatív gyakoriságok láthatók. Az 5%-os (XX1), a medián (Med) és a 95%-os (XX19) valószínűségi szintek is szerepelnek. A diagramokat a vegyületek mennyisége alapján állítottuk elő ($N = 149$). A rövidítésekben a betű a használt adszorbens típusát jelöli (P a Porapak Q, H a HayeSep Q és C a Carbotrap esetében), míg a szám a mintavétel időtartamát (1, 2, 4 vagy 6 óra).

A leghatékonyabb mintavételi beállítás azonosítása érdekében SRD-elemzést végeztünk, referenciaoszlopként a vegyületek maximum értékét használva. A vizsgált beállítások közül a 6 órás mintavételi időtartam bizonyult a leghatékonyabbnak. Az illékony, és a kevésbé illékony vegyületek megkötésében a Porapak Q (P6h) és a HayeSep Q (H6h) majd a Carbotrap

(C6h) 6 órás mintavételezése teljesített a legjobban. A rövidebb időtartamok (1-4 óra) is elfogadható teljesítményt mutattak: a HayeSep Q 4 órás (H4h) mintavételezése különösen hatékony volt az időhatékonyság és a vegyületek megkötése szempontjából (1. ábra).

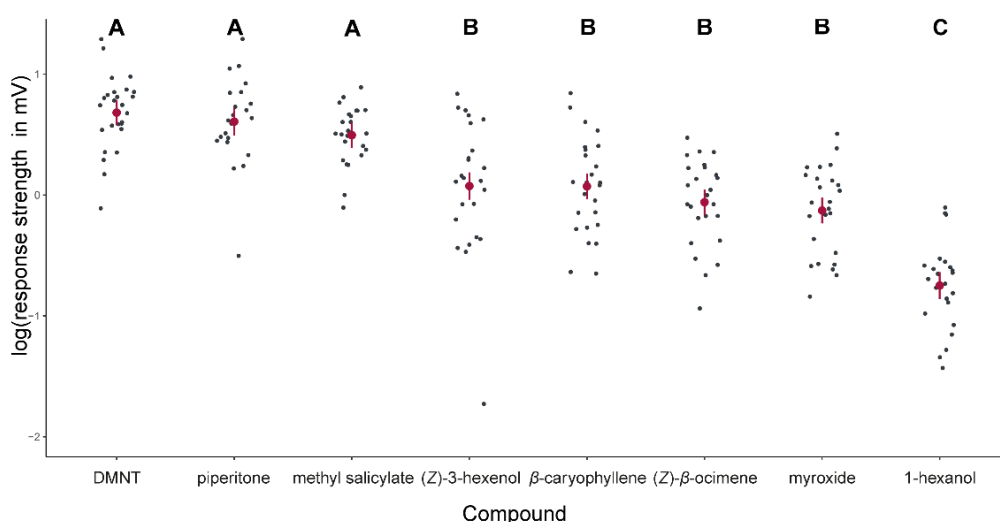
Eredményeink átfogóan értékelik a mintavételi módszereket és időtartamokat az illatanyagok megkötésének maximalizálása érdekében. A kémiai ökológiában azonban a kisebb vegyületek aránytalanul jelentős szerepet játszhatnak az ökológiai kölcsönhatásokban. Például a feromonok még kis mennyiségben is erős viselkedési válaszokat válthatnak ki (Arn et al., 1983). Hasonlóképpen, az illatanyagok bizonyos csoportjai az ökológiai kontextustól függően kritikusak lehetnek (Stensmyr et al., 2012). Az SRD-módszert a kutatási célokat szem előtt tartva kell alkalmazni. A kevesebb illatanyagot rögzítő módszerek felülmúlhatnak másokat, ha szelektíven célozzák a viselkedés szempontjából aktív vegyületeket. Az SRD-elemzés konkrét ökológiai kérdésekhez való igazítása biztosítja az alkalmazhatóságát, és összhangba hozza a kémiai ökológia egyedi követelményeivel.

Módszertani fejlesztés az elektrofiziológiai kísérletekben

Kísérleteink során a *Metcalfa pruinosa* negyedik és ötödik stádiumú nimfái 20, különböző kémiai osztályba (ketonok, aldehidek, terpenoidok, észterek) tartozó illatanyagot érzékeltek. Eddig csak néhány tanulmány végzett sikeres GC-EAD kísérleteket az Auchenorrhyncha alrendbe tartozó fajok nimfáin (Yoon et al., 2011; Moon et al., 2011). Eredményeink bemutatják a nimfák figyelemre méltó illatanyag érzékelési képességét, amely segítheti őket a gazdanövények megtalálásában és a táplálkozásban.

A vizsgált 77 illékony vegyület közül 29 váltott ki elektrofiziológiai választ a *M. pruinosa* felnőtt egyedeinek csápjain. Bár a *M. pruinosa* nem mutatott erős preferenciát specifikus kémiai csoportok iránt, bizonyos

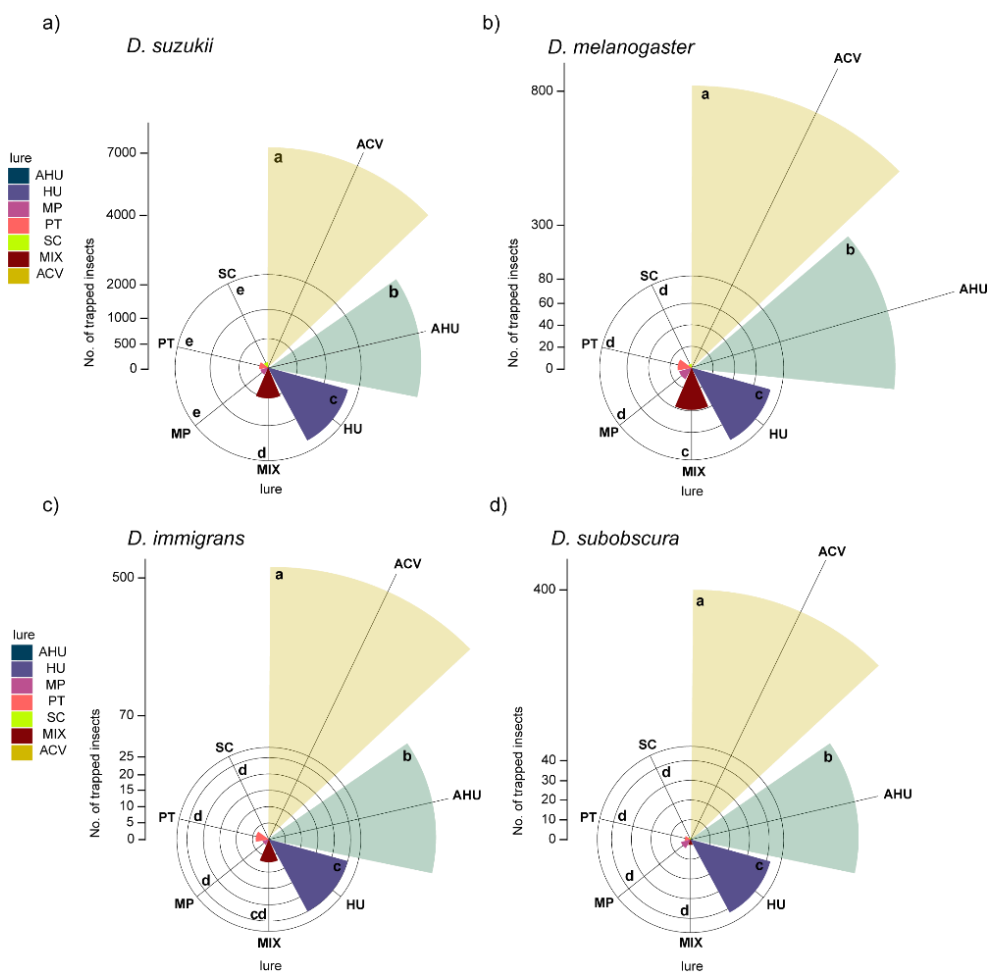
vegyületek, mint például a DMNT, a metil-szalicilát és a piperiton annak ellenére váltottak ki erős válaszokat (2. ábra), hogy rendkívül alacsony koncentrációban voltak jelen a *Tagetes patula* légterében. Ezek a vegyületek valószínűleg szerepet játszanak a gazdanövény kiválasztásában. Nem figyeltünk meg jelentős különbségeket sem a válasz amplitúdójában, sem az aktív vegyületek számában a hímek és nőstények, illetve az adultok és nimfák között. Ez arra utal, hogy a *M. pruinosa* mindkét nem és a fejlődési szakaszok esetében hasonló illékony jelekre támaszkodik a gazdanövény kiválasztásakor.



2. ábra A *T. patula* légterében jelen lévő vegyületekre adott válasz amplitúdói. A hibasávok a lineáris kevert modellekből számolt átlagokat és 84%-os konfidencia intervallumokat (CI) jelölnék. Nem átfedő CI-k jelentős különbségeket jeleznek a csoportok között FDR-korrekció után. A hibasávok feletti betűk páronkénti összehasonlítást jelölnek; azok a csoportok, amelyek nem osztoznak egyetlen betűn sem, szignifikánsan különböznek egymástól ($p < 0,05$).

A *M. pruinosa* széles periferiális érzékenysége valószínűleg polifág természetét és széles gazdanövény-spektrumát tükrözi. A szekvenciális jel hipotézis (Silva and Clarke, 2020) szerint a polifág rovarok általános illatanyagokat, például (Z)-3-hexenolt használnak a gazdanövények megtalálására, majd fajspecifikus jelek – például DMNT – segítségével

finomítják választásukat. Az adultok és nimfák hasonló kémiai jeleket használhatnak az élőhely kiválasztásában, bár további viselkedési vizsgálatok szükségesek a vegyületek szerepének tisztázásához.



3. ábra Az almaecet (ACV) és különböző élesztőfajok által fogott célfaj (*D. suzukii*) és a nem célfaj egyedek összesített száma (*D. melanogaster*, *D. immigrans*, *D. subobscura*). A különböző betűkkel jelzett csapdák fogási száma szignifikánsan eltér egymástól általánosított lineáris modellek alapján végzett páronkénti összehasonlítás szerint ($p < 0,05$).

Új, élesztőalapú csalogatóanyagok fejlesztése *Drosophila suzukii* számára

A *Hanseniaspora uvarum* (HU) csalétek terepi kihelyezés előtt és után is magas relatív mennyiségben bocsátott ki etil-acetátot, etil-propionátot és butil-formiátot. A *Pichia terricola* (PT) csalétek a többi élesztő légterében nem

megtalálható illatanyagot bocsátott ki, például etil-oktánatot és etil-hexanoátot. Ezek terepi inkubáció előtt és után is dominálták a profilját. A HU-t és PT-t kombinálásával kapott csalétek (MIX) illatanyag-profilja a PT-hez hasonlított, ami arra utal, hogy PT túlnőtte a HU élesztőt. A *Saccharomyces cerevisiae* (SC) magasabb arányban bocsátott ki 3-metil-butanolt és sztirént, míg az almalében felszaporított HU (AHU) változatosabb profilt mutatott: az izoamil-acetát és fenetil-acetát nagyobb relatív mennyiségben volt jelen a terepi inkubáció után. Ezek a profilbeli különbségek jelentősen befolyásolták a csalétek teljesítményét.

A terepi vizsgálatok során az élesztőalapú csalétek közül az AHU csalétek csapdázták a legtöbb *D. suzukii*-t. A HU és AHU csalétek különösen hatékonyak bizonyultak a nőstények és téli alakok csalogatásában, ahol AHU kimagasló specifikitást mutatott *D. suzukii*-ra nézve. Ez az eredmény összhangban áll korábbi terepi vizsgálatokkal, amelyek szerint a HU csalétek vonzóbb a *D. suzukii* számára, mint például PT vagy más élesztők (Bueno et al., 2020; Jones et al., 2021). Az ACV ugyan több gyümölcslegyet vonzott összességében, de alacsonyabb specifikitást mutatott a csapdában jelenlevő nem célfaj miatt (*D. melanogaster*, *D. immigrans*). Ezzel szemben az élesztőalapú csalétek – különösen HU és AHU – minimalizálták a nem célzott fogásokat, környezetbarátabb lehetőséget kínálva kártevők kezelésére.

Az AHU csalétek iránti preferencia összhangban áll azzal a megfigyeléssel is, hogy bizonyos élesztők illékony anyagai vonzzák a pározott nőstényeket (Becher et al., 2012). Az olyan illékony anyagok, mint az izoamil-acetát vagy etil-acetát – amelyeket HU és AHU nagy koncentrációban bocsát ki –, ismert vonzóanyagok *D. suzukii*-ra nézve (Revadi et al., 2013). Ugyanakkor más gyümölcslegyek (*D. melanogaster*) jelenléte azt sugallja, hogy ezek az élesztők más gyümölcslegyek életében is szerepet játszanak.

A jövőbeli vizsgálatokban kiemelt fontosságot kellene kapnia a nem célzott fajok felmérésének, mivel ez alapvető az ökológiai hatások felméréséhez és a biodiverzitás megőrzéséhez. Az ilyen adatok betekintést nyújtanak az ökológiai folyamatok megértésébe, elősegítve a fenntartható és felelős megoldások kidolgozását.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS AJÁNLÁSOK

Többféle mintavételi technika összehasonlítása

Az SRD-módszerrel először értékelték mintavételi eljárásokat, és a 6 órás mintavételi idő bizonyult optimálisnak. A rövidebb mintavételi eljárások is még elfogadható eredményt adnak, ha a mintavételi idő rövidítése a cél. A 20 legintenzívebb vegyület alapján való értékelés hasonló rangsorokat eredményezett, ami arra utal, hogy a 20 legintenzívebb vegyület is elegendő lehet a mintavétel optimalizálására. Az SRD nem parametrikus jellege lehetővé teszi az alkalmazását különböző mintavételi technikákban. A vegyületek típus szerinti csoportosítása (pl. aldehidek, ketonok) tovább finomíthatja a rangsorokat és feltárhatja a módszer-specifikus adszorpciós hatékonyságot.

A pontos illatanyag-analízishez a legtérből történő közvetlen injektálás a legmegbízhatóbb, mivel így minimalizálni lehet a mintavétel és az elúció során fellépő veszteségeket. A tömegspektrométerek alacsony érzékenysége az illatanyagok kis mennyiségének kimutatására azonban továbbra is korlátot jelent. Az illékony vegyületek elemzésének optimalizálásához elengedhetetlen a detektálási technológia jövőbeni fejlődése és az alternatív módszerek folyamatos vizsgálata.

Módszertani fejlesztés az elektrofiziológiai kísérletekben

29 illékony vegyület bizonyult csápaktívnek a *M. pruinosa* esetében, ami azt jelzi, hogy a különböző illatanyagok jelenlétére érzékenyek. Mindkét ivar és a fejlődési stádiumok is hasonlóan reagáltak, ami arra utal, hogy az élőhely kiválasztásában valószínűleg olyan általános növényi illékony anyagokra támaszkodnak, mint a (Z)-3-hexenol, a gazdanövény kiválasztásához pedig olyan specifikusabb jelzésekre, mint a DMNT. A rovarok életében betöltött szerep megerősítéséhez viselkedési vizsgálatokra van szükség.

A jövőbeni kutatásoknak a viselkedési vizsgálatokat elektrofiziológiai adatokkal kell integrálniuk, hogy tisztázzák az illékony anyagok szerepét a gazdaszervezet kiválasztásában. A terepi kísérletek elengedhetetlenek a DMNT-hez hasonló vegyületek természetes körülmények közötti vonzó vagy taszító hatásainak teszteléséhez. A vizsgált vegyületek bővítése és a fejlett technikák, például az olfaktométerek alkalmazása javíthatná az illékony anyagok által közvetített gazdaszelekció megértését.

Új, élesztőalapú attraktáns kifejlesztése a *D. suzukii* számára

Az élesztőalapú csalétkék, különösen a *Hanseniaspora uvarum*-mal beoltott almalé, olyan illatanyagokat bocsátottak ki, amelyek hatékonyan vonzották a *D. suzukii*-t, különösen a nőtényeket és a téli alakokat. Ezek a csalétkék az almaecetes csapdákhöz képest nagyobb specifitást mutattak, ami valószínűleg az illatanyag-profiljukban lévő észtereknek, például az izoamil-acetátnak köszönhető. Az eredmények rávilágítanak a *H. uvarum* szerepére a csalétektervezésében és a *D. suzukii*-val való szoros kapcsolatára a természetes környezetben.

A jövőbeli kutatásoknak terepi kísérletekre kellene összpontosítaniuk, hogy különböző körülmények között értékeljék a csalogatóanyagok hosszú távú hatékonyságát, miközben minimalizálják a nem célfajok befogását. A különböző élesztőtörzsek és keverékek vizsgálata pontosabb megfigyelési eszközökhöz vezethet. A nem célfajok dokumentálása alapvető gyakorlattá kellene, hogy váljon a kártevőkezelési stratégiákban az ökológiai fenntarthatóság és a biodiverzitás megőrzése érdekében.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A dolgozat eredményei számos újszerű tudományos megállapítást hoztak a változékony vegyületek elemzésének és a mintavételezési módszerek optimalizálásának területén.

Először is, a SRD-módszer alkalmazása az illékony és kevésbé illékony vegyületek mintavételi eljárásainak értékelésére és optimalizálására jelentős előrelépést jelent. Különösen figyelemre méltó, hogy az SRD-módszert korábban nem alkalmazták ilyen széleskörű mintavételi eljárásokra, így ez a módszer újszerű alkalmazásnak számít. Fontos felfedezés, hogy a vegyületek csökkentett számú használatával is hatékonyan meghatározhatók az optimális mintavételi eljárások anélkül, hogy az pontosság csorbulna.

Másodszor, egy új módszert fejlesztettünk ki a hemiptera fajhoz tartozó *M. pruinosa* sikeres elektrofiziológiai méréseire. Első alkalommal mutattuk ki, hogy 29 illékony vegyület vált ki elektrofiziológiai választ *M. pruinosa* adult és nimfa állapotában egyaránt. Ezek a vegyületek különböző kémiai osztályokat képviselnek (terpenoidok, ketonok, aldehid, alkoholok, észterek) amelyek az *M. pruinosa* széleskörű szaglási érzékelőképességét mutatják. Érdekes módon nem tapasztaltunk minőségi vagy mennyiségi különbségeket a szaglási érzékenységekben a hímek és nőstények, illetve az adultok és nimfák között, ami arra utal, hogy *M. pruinosa* életciklusa során hasonló illékony jelekre támaszkodik, valószínűleg az átfedő ökológiai szerepkörök miatt.

Harmadszor, eredményeink azt mutatják, hogy míg a hagyományos fermentációs csalétkék, mint például az almaecet, hatékonyan vonzzák a gyümölcslegyeket úgy általában, az élesztőalapú csalétkék – különösen azok, amelyeket *Hanseniaspora uvarum* élesztővel oltottak be – nagyobb specifikusságot mutatnak *D. suzukii* esetében. Ezek az élesztőalapú csalik értékesnek bizonyultak a *D. suzukii* különböző morfortípusainak monitorozására és csapdázására. Továbbá, tanulmányunk rávilágított a nem

célzott gyümölcslegyek széleskörű jelenlétére, hangsúlyozva annak fontosságát, hogy a kártevők monitorozására szolgáló eszközök tervezésekor figyelembe vegyük mind a cél-, mind a nem célfajokat is.

Ezek az eredmények gyakorlati betekintést nyújtanak az illékony vegyületek mintavételének optimalizálásába és a kártevőkezelési stratégiák fejlesztésébe, különösen olyan fajok esetében, mint a *D. suzukii* és a *M. pruinosa*.

PUBLIKÁCIÓK

1. **Szelényi, M. O.**, Erdei, A. L., Molnar, B. P., & Tholt, G. (2024). Antennal olfactory sensitivity and its age-dependence in the hemimetabolous insect *Metcalfa pruinosa*. JOURNAL OF APPLIED ENTOMOLOGY - ZEITSCHRIFT FUR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE, 148(4), 424–433. DOI: 10.1111/jen.13237
2. Erdei, A. L., **Szelényi, M. O.**, Deutsch, F., Rikk, P., & Molnar, 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. JOURNAL OF APPLIED ENTOMOLOGY - ZEITSCHRIFT FUR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE, 146(6), 773–785. DOI: 10.1111/jen.13006
3. Radványi, D., **Szelényi, M. O.**, Gere, A., & Molnár, B. P. (2021). From sampling to analysis: how to achieve the best sample throughput via sampling optimization and relevant compound analysis using sum of ranking differences method? FOODS, 10(11). <http://doi.org/10.3390/foods10112681>
1. Kárpáti, Z., **Szelényi, M. O.**, & Tóth, Z. (2024). Exposure to an insecticide formulation alters chemosensory orientation, but not floral scent detection, in buff-tailed bumblebees (*Bombus terrestris*). SCIENTIFIC REPORTS, 14(1). <http://doi.org/10.1038/s41598-024-65388-4>
2. Dankó, T., **Szelényi, M. O.**, Janda, T., Molnár, B. P., & Pogány, M. (2021). Distinct volatile signatures of bunch rot and noble rot. PHYSIOLOGICAL AND MOLECULAR PLANT PATHOLOGY, 114. <http://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101626>
3. Kecskeméti, S., **Szelényi, M. O.**, Erdei, A. L., Geösel, A., Fail, J., & Molnár, B. P. (2020). Fungal volatiles as olfactory cues for female fungus gnat, *Lycoriella ingenua* in the avoidance of mycelia colonized compost. JOURNAL OF CHEMICAL ECOLOGY, 46(10), 917–926. <http://doi.org/10.1007/s10886-020-01210-5>
4. Larsson Herrera, S., Rikk, P., Köblös, G., **Szelényi, M. O.**, Molnár, B. P., Dekker, T., & Tasin, M. (2020). Designing a species-selective lure based on microbial volatiles to target *Lobesia botrana*. SCIENTIFIC REPORTS, 10(1). <http://doi.org/10.1038/s41598-020-63088-3>
5. Mbaluto, C. M., Ayelo, P. M., Duffy, A. G., Erdei, A. L., Tallon, A. K., Xia, S., ... Becher, P. G. (2020). Insect chemical ecology: chemically mediated interactions and novel applications in agriculture. ARTHROPOD - PLANT INTERACTIONS, 14, 671–684. DOI: 10.1007/s11829-020-09791-4

DOI: 10.1007/s11829-020-09791-4

6. **Szelényi, M. O.**, Erdei, A. L., Jósvai, J. K., Radványi, D., Sümegi, B., Véték, G., ... Kárpáti, Z. (2020). Essential oil headspace volatiles prevent invasive box tree moth (*Cydalima perspectalis*) oviposition - Insights from electrophysiology and behaviour. *INSECTS*, 11(8). <http://doi.org/10.3390/insects11080465>
7. Höhn, M., **Szelényi, M. O.**, & Halász, J. (2019). Low level of genetic variation and signs of isolation in the native Hungarian Sea Buckthorn population compared to cultivated specimens. *NOTULAE BOTANICAE HORTI AGROBOTANICI CLUJ-NAPOCA*, 47(3), 699–705. <http://doi.org/10.15835/nbha47311333>
1. Kecskeméti, S., **Szelényi, M. O.**, Erdei, A. L., & Molnár, B. P. (2021). Miért nem kedvelik a gombaszúnyogok a gombakomposztot – az átszövetett csiperkegomba komposzt illatanyagok repulzív hatása a gombaszúnyog nőtényekre. *NÖVÉNYVÉDELEM*, 82 (N.S. 57)(4), 145–155.
2. Fazekas, K., **Szelényi, M. O.**, Erdei, A. L., Rikk, P., Tóth, F., Koczka, N., & Molnár, B. P. (2020). Illóolajok elektrofiziológiai aktivitásának összehasonlító elemzése a tarka- és a nyerges szőlőmolynál. *NÖVÉNYVÉDELEM*, 81 [56](9), 412–421.
3. Erdei, A. L., **Szelényi, M. O.**, Deutsch, F., Rikk, P., Köblös, G., Molnár, B. P., & Kiss, B. (2019). A pettyesszárnyú muslica (*Drosophila suzukii*) és a *Hanseniaspora uvarum* élesztő mutualista kapcsolatának növényvédelmi vonatkozásai. *NÖVÉNYVÉDELEM*, 80 (N.S. 55)(6), 253–260.
4. Radványi, D., **Szelényi, M. O.**, Hamow, K. Á., Ambrózy, Z., Lukács, P., Puskás, K., ... Molnár, B. P. (2019). Egészséges és fertőzött mezőgazdasági növények, valamint *Agaricus bisporus* illatanyagprofiljának feltérképezése – előtanulmány. *NÖVÉNYVÉDELEM*, 80 (N.S. 55)(8), 333–342.

KONFERENCIÁK

1. **Szelényi, M. O.**, Erdei, A. L., Jank, S., Samu, F., Molnár, B. P., & Tholt, G. (2024). Az amerikai lepkekabóca szaglása: érzékelés és viselkedés. In 70. Növényvédelmi Tudományos Napok (p. 28).
2. Béla, P. M., Sándor, K., Anna, L. E., & **Magdolna, O. Sz.** (2021). Olfactory background of stimulo-deterrent pest management strategy in the sugarcane-borer *Eldana saccharina*. In 36 th Annual Meeting of the International Society of Chemical Ecology (p. 202).
3. **Szelényi, M. O.**, Radványi, G. D., & Molnár, B. P. (2021). PP 32: Volatile organic compounds as diagnostic biomarkers for grey mould on lettuce. In Book of Abstracts Advances in Food Chemistry International Conference (p. 124.).

4. Erdei, A. L., **Szelényi, M. O.**, Rikk, P., Deutsch, F., Drávecz, E., Illés-Hegyesi, G., & Molnár, B. P. (2020). A pettyesszárnyú muslica – élesztőgomba kapcsolat növényvédelmi vonatkozásai: szabadföldi csapdázás élesztőkultúrát tartalmazó csalétekekkel. In 66. Növényvédelmi Tudományos Napok (p. 30).
5. Kecskeméti, S., **Szelényi, M. O.**, Erdei, A. L., Geösel, A., Fail, J., & Molnár, B. P. (2020). Gombakomposzt illatanyagok szerepe a *Lycoriella ingenua* nőtények viselkedési vizsgálataiban. In 66. Növényvédelmi Tudományos Napok (p. 24).
6. Rikk, P., Larsson, H. S., Köblös, G., **Szelényi, M. O.**, Dekker, T., Tasin, M., & Molnár, B. P. (2020). Kairomon alapú biszex csalétekfejlesztési kísérletek tarka szőlőmolyra (*Lobesia botrana*). In 66. Növényvédelmi Tudományos Napok (p. 33).
7. **Szelényi, M. O.**, Erdei, A. L., Tholt, G., & Molnár, B. P. (2019). Tápnövényillatanyagok vizsgálata bioszenzoros gázkromatográfiával az amerikai lepkekabóca csápján. In I. FKF Szimpózium : Fiatal Kémikusok Fóruma : konferenciakiadvány 2019 (pp. 25–25).
8. **Szelényi, M. O.**, Erdei, A. L., Tholt, G., & Molnár, B. P. (2019). Az amerikai lepkekabóca tápnövényérzékelésének vizsgálata bioszenzoros gázkromatográfiával. In SZIENTific meeting for young researchers - Ifjú Tehetségek Találkozója (ITT) (pp. 290–293).
9. Radványi, D., **Szelényi, M. O.**, Hamow, K. Á., Lukács, P., & Molnár, B. (2019). Egészséges és fertőzött mezőgazdasági növények illatanyag profiljának feltérképezése. In 65. Növényvédelmi Tudományos Napok (pp. 54–54).
10. Radványi, D., **Szelényi, M. O.**, & Molnár, B. P. (2018). Illatos rovarok - avagy rovarok kémiai kommunikációja. In I. Magyar Rovaripari Konferencia Absztraktkötet (pp. 19–19).
11. **Szelényi, M. O.**, & Halász, J. (2014). Termesztett homoktövisfajták genetikai ujjlenyomata. In Növénynevelés a megújuló mezőgazdaságban (pp. 424–428).

IRODALOMJEGYZÉK

1. Asplen, M.K., Anfora, G., Biondi, A., Choi, D.-S., Chu, D., Daane, K.M., Gibert, P., Gutierrez, A.P., Hoelmer, K.A., Hutchison, W.D., Isaacs, R., Jiang, Z.-L., Kárpáti, Z., Kimura, M.T., Pascual, M., Philips, C.R., Plantamp, C., Ponti, L., Véték, G., Vogt, H., Walton, V.M., Yu, Y., Zappalà, L. and Desneux, N. 2015. Invasion biology of spotted wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. *Journal of Pest Science*. **88**(3), pp.469–494.
2. Becher, P.G., Flick, G., Rozpędowska, E., Schmidt, A., Hagman, A., Lebreton, S., Larsson, M.C., Hansson, B.S., Piškur, J., Witzgall, P., and others 2012. Yeast, not fruit volatiles mediate *Drosophila melanogaster* attraction, oviposition and development. *Functional Ecology*. **26**(4), pp.822–828.
3. Bueno, E., Martin, K.R., Raguso, R.A., McMullen, J.G., Hesler, S.P., Loeb, G.M. and Douglas, A.E. 2020. Response of Wild Spotted Wing *Drosophila* (*Drosophila suzukii*) to Microbial Volatiles. *Journal of Chemical Ecology*. **46**(8), pp.688–698.
4. Hansson, B. and Wicher, D. 2016. Chemical ecology in insects. *Chemosensory Transduction*., pp.29–45.
5. Jones, R., Fountain, M.T., Günther, C.S., Eady, P.E. and Goddard, M.R. 2021. Separate and combined *Hanseniaspora uvarum* and *Metschnikowia pulcherrima* metabolic volatiles are attractive to *Drosophila suzukii* in the laboratory and field. *Scientific Reports*. **11**(1), p.1201.
6. Knapp, L., Mazzi, D. and Finger, R. 2021. The economic impact of *Drosophila suzukii* : perceived costs and revenue losses of SWISS cherry, plum and grape growers. *Pest Management Science*. **77**(2), pp.978–1000.
7. Lonchamp, J., Barry-Ryan, C. and Devereux, M. 2009. Identification of volatile quality markers of ready-to-use lettuce and cabbage. *Food Research International*. **42**(8), pp.1077–1086.
8. Mergenthaler, E., Fodor, J., Kiss, E., Bodnár, D., Kiss, B. and Viczián, O. 2020. Biological and molecular evidence for the transmission of aster yellows phytoplasma to French marigold (*Tagetes patula*) by the flatid planthopper *Metcalfa pruinosa*. *Annals of Applied Biology*. **176**(3), pp.249–256.
9. Molnár, B.P., Tóth, Z., Fejes-Tóth, A., Dekker, T. and Kárpáti, Z. 2015. Electrophysiologically-Active Maize Volatiles Attract Gravid Female European Corn Borer, *Ostrinia nubilalis*. *Journal of Chemical Ecology*. **41**(11), pp.997–1005.
10. Moon, S.-R., Cho, S.-R., Jeong, J.-W., Shin, Y.-H., Yang, J.-O., Ahn, K.-S., Yoon, C. and Kim, G.-H. 2011. Attraction response of spot clothing wax cicada, *Lycorma delicatula* (Hemiptera: Fulgoridae) to spearmint oil. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*. **54**, pp.558–567.
11. Nomaani, R.S.S.A., Hossain, M.A., Weli, A.M., Al-Riyami, Q. and Al-Sabahi, J.N. 2013. Chemical composition of essential oils and in vitro antioxidant activity of fresh and dry leaves crude extracts of medicinal plant of *Lactuca Sativa* L. native to Sultanate of Oman. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. **3**(5), pp.353–357.
12. Piñero, J.C., Barrett, B.A., Bolton, L.G. and Follett, P.A. 2019. β -cyclocitral synergizes the response of adult *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to fruit juices and isoamyl acetate in a sex-dependent manner. *Scientific Reports*. **9**(1), p.10574.
13. Revadi, S., Eccher, F., Mazzoni, V., Al-Ani, S., Carlin, S., Vrhovsek, U., Anfora, G., and others 2013. Olfactory responses of *Drosophila suzukii* to host plant volatiles. *Olfactory responses of Drosophila suzukii to host plant volatiles*. **91**, pp.309–313.

14. Seo, H., Park, D., Hwang, I. and Choi, Y. 2019. Host plants of *Metcalfa pruinosa* (Say)(Hemiptera: Flatidae) nymph and adult. *Korean Journal of applied entomology*. **58**(4), pp.363–380.
15. Tholl, D., Hossain, O., Weinhold, A., Röse, U.S.R. and Wei, Q. 2021. Trends and applications in plant volatile sampling and analysis. *The Plant Journal*. **106**(2), pp.314–325.
16. Yoon, C., Moon, S.-R., Jeong, J.-W., Shin, Y.-H., Cho, S.-R., Ahn, K.-S., Yang, J.-O. and Kim, G.-H. 2011. Repellency of lavender oil and linalool against spot clothing wax cicada, *Lycorma delicatula* (Hemiptera: Fulgoridae) and their electrophysiological responses. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. **14**(4), pp.411–416.