

**Kártevő bogárfajok
tájékozódása és kommunikációja**

**AKADÉMIAI DOKTORI PÁLYÁZAT
TÉZISFÜZETE**

Imrei Zoltán

**HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont
Növényvédelmi Intézet**

Budapest, 2024

Szüleimnek, feleségemnek és gyermekeimnek

Bevezetés és célkitűzések

A rovarok és azon belül a bogarak változatos és összetett tájékozódásának, illetve kommunikációjának a leírásához több ismeretlen tényezőt szükséges párhuzamosan felderíteni és mesterségesen reprodukálni. A kutatások tehát a biológiai ismeretek mellett több tudományterületet, így a szerveskémiát, a fénytant, vagy akár másokat is érinthetnek. Mindez többféle háttérrel rendelkező, kompetens kutatót, illetve együttműködő kutatócsoportot feltételez a tudományos kérdések megválaszolásához. A jelenlegi munka kezdeti lépéseket tesz számos faj esetén a bogarak tájékozódása és kommunikációja terén a különböző érzékelési csatornákon a vizsgált bogárfajok számára fontos elemek azonosítására. Másrészt a már előrehaladottabb vizsgálatok esetén a különböző ingerek viszonylagos fontosságának a megállapítására irányulnak a kísérletek. Mindezek összeillesztésével az adott faj viselkedési válasza mesterséges eszközökkel reprodukálhatóvá válik, így működő, növényvédelmi előrejelzésben vagy akár védekezésben használható módszerekhez vezethet a jövőben.

Korábban, a PhD dolgozatomban a csipkézőbarkók (*Sitona* spp., Coleoptera, Curculionidae) feromonos kommunikációjának hazai kutatásait, illetve a rózsabogarak (*Cetonia* sp. és *Potosia* sp., Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae) növényi illatanyagok tájékozódásának megismerését alapoztam meg, amely vizsgálatokat a jelen dolgozatban újabb eredményekkel teszek teljesebbé. Másrészt olyan, fás szárú növényekhez köthető két csoporttal foglalkozom, mint a cincérek (Coleoptera, Cerambycidae), amely család kémiai ökológiai vonatkozásait elsőként kutattam Magyarországon, illetve a díszbogarak (Coleoptera, Buprestidae), amivel kapcsolatban a világszintű ismereteket tettem elérhetővé szélesebb szakmai közösség számára itthon, illetve korábban publikált eredményeimmel a nemzetközi szinten járultam hozzá ismereteinkhez.

Túl a növényvédelmi vonatkozású megközelítésen, az elhalt fás szárú növényeket hasznosító szaproxilofág rovarok, mint a cincérek vagy a díszbogarak - más csoportok mellett -, az erdei közösségek létfontosságú alkotóelemei, mivel elindítják a fás szövetek tápanyagainak a visszaforgatását az erdei ökoszisztémába. Életmódjukból adódóan érzékenyek a fakitermelés vagy a természetes erdők intenzíven kezelt, gyakran monokultúrás állományokká való átalakulása miatti élőhely-vesztésre. Ilyen esetekben az elhalt fákat, a lehullott ágakat és a fakitermelés törmelékét gyorsan eltávolítják, megszüntetve ezzel a szaproxil fajok táplálékforrását (Seibold és mtsai 2015). Ezzel a forgatókönyvvel találkozhatunk számos európai országban, különös tekintettel a fejlett és sűrűn lakott országokra, ahol egyes rovarfajok drámai veszteségeket szenvedtek mind a népesség, mind a biológiai sokféleség tekintetében, és ahol tovább csökkennek a természetes erdők megmaradt területei is. Ezzel szemben ugyanannak a fajnak életképes és népes populációi létezhetnek olyan országokban, ahol jelentős mennyiségű, viszonylag háborítatlan és természetes erdő található. Így a szaproxil fajok egyedszám- és

diverzitásmonitorozása az erdők egészségének hasznos, közvetett mutatója lehet (Larsson 2016).

Cincérek (Coleoptera, Cerambycidae)

1. A korábban azonosított, cincérekhez köthető feromonkomponensek szabadföldi vizsgálatával első, cincéreken végzett kutatásaink célja annak a hipotézisnek a tesztelése volt, mely szerint a Cerambycinae alcsaládba tartozó cincérfajok hímjei olyan szex- vagy aggregációs feromonokat termelnek, amelyeket 3-hidroxi-2-alkánonok, 2-hidroxi-3-alkánonok és a 2,3-alkándiolok izomerjei alkotnak. Ezeknek az illatanyagoknak a leggyakrabban előforduló, ötféle szerkezetű vegyületét, mint lehetséges attraktánsokat ill. lehetséges feromonkomponenseket Magyarország több élőhelyének cincér faunáján teszteltük szabadföldi viselkedésvizsgálatokkal.

2. A lucernacincér, *Plagionotus floralis* Pallas természetesen alkalmazható felvételezésére alkalmas mintavételezési módszerének a szabadföldi viselkedési vizsgálatok segítségével való fejlesztése lehetőséget teremt kártételi küszöbérték megállapítására, ami segítheti az agrotechnikai eljárások időzítését, ami mind gazdasági, mind környezetvédelmi szempontból korszerűbb növényvédelmi gyakorlathoz vezethet. Ugyanakkor a közép- és kelet európai lucernásokban évről évre növekvő lucernacincér kártétel miatt a fajt célzó vizuális és kémiai ingereket kombináló csapda fejlesztése egyre inkább jelentőséget nyer.

3. A bársonyos darázscincér, *Plagionotus arcuatus* ssp. *arcuatus* L. Európa nagyobb részén gyakorinak számító szaproxilofág cincér faj, melyet a nyári hónapokban a szabadban tárolt, frissen kivágott tölgyfa alkalmi kártevőjeként tartunk számon. Schröder (1996) korábbi munkájában leírta, a bársonyos darázscincér termelte illatanyagok szerkezetazonosításának a megerősítésére, és a hím-specifikus vegyületek esetleges fajon belüli kommunikációban betöltött szerepének az értékelésére a bársonyos darázscincér hímjein és nőstényein végeztünk illatanyag kivonási és szabadföldi viselkedési vizsgálatokat.

4. A sárgafarú darázscincér, *Plagionotus detritus* L. Európa nagy részén és a Közel-Keleten elterjedt cincérfaj. Munkánk fő célja a faj feromonkomponenseinek azonosítása volt, amelyek felhasználhatóak lehetnek a jövőben egy feromon alapú monitoring rendszer kifejlesztésére növényvédelmi céllal, azokon a területeken, ahol kártevőként jelentkezik, illetve a természetvédelemben ott, ahol ritka vagy veszélyeztetett faj. Kísérleteink megkezdésekor a sárgafarú darázscincér feromon összetétele nem volt ismert. Így vizsgálatainkat a faj napi aktivitási mintázatainak terepi megfigyelésével kezdtük, hogy meghatározzuk a faj hímjei, illetve nőstényei által kibocsátott illatanyagok, azaz a lehetséges feromonkomponensek gyűjtésére az optimális időszakot. Az illatanyagokat tartalmazó kivonatokot csápszenzoros gázkromatográf (GC-EAD) segítségével elemeztük, a csápválaszokat kiváltó, ivar-specifikus összetevőkre összpontosítva, amelyek feltételezett feromonkomponens jelöltek lehettek. Az egyes illatanyag összetevőket azután tömegspektrográf (GC-MS) segítségével azonosítottuk, és a feromonkomponens jelölteket

lehetőség szerint beszereztük, illetve, ha nem voltak megvásárolhatóak, akkor előállítottuk, hogy szabadföldi kísérlettel állapítsuk meg a biológiai aktivitásukat. Ezzel párhuzamosan morfológiai vizsgálatokat végeztünk, hogy megvizsgáljuk a hímek előtorának a háti részén a mirigy pórusok jelenlétét, mint a feromon kibocsátás valószínűsíthető helyeit.

5. Célunk volt, hogy megvizsgáljuk azt a hipotézist, hogy különböző cincérfajok feromonkomponenseinek a kombinálásával készített feromoncsali alkalmazható-e a szimpatikus cincérfajok egyetlen csapdába való csalogatására, így a vizsgált terület cincérfaunájának a felmérésére, amelyet korábbi hasonló tanulmányok más, elsősorban észak-amerikai erdőkben már vizsgáltak. Továbbá, egy nemvárt meglepő eredményünk lehetőséget adott, hogy értékeljük a ragadozó feketenyakú szúfarkas, *Clerus mutillarius* F. (Coleoptera: Cleridae) felvételezésének a lehetőségét, és további laborkísérleteket végezzünk elektroantennográfiás módszerrel, annak az eldöntésére, hogy a feromonkomponens keverék mely összetevői felelősek a szúfarkas csalogatásáért.

Ormányosbogarak (Coleoptera, Curculionidae)

6. A csipkézőbarkó fajok jellemzően nem önmagukban, hanem fajegyüttest alkotva károsítják a termesztett hüvelyes növényeket világszerte. Lárvaként a gyökereket, míg imágóként a fiatal növényeket károsítják, jelentős veszteséget okozva a táplálkozásukkal. A rajzó imágók korai észlelése jelentősen elősegítheti a védekezés időzítését. A munkánk célja egykomponensű, aromás növényi-illatanyag attraktáns azonosítása volt a modellfajunkra, a lucerna csipkézőbarkóra, (*Sitona humeralis* Stephens) amely alapja lehet egy hatékonyabb attraktáns kombináció fejlesztésének. A kísérletsorozatban először a lucernavirágok lucerna csipkézőbarkóra gyakorolt csalogató hatását vizsgáltuk olfaktométeres vizsgálatokban. Ezután viselkedési kísérleteket végeztünk néhány ismert lucerna-illatanyaggal szabadföldön (benzaldehyd, metil-szalicilát, 2-fenetil-alkohol és fenilacetaldehyd), amelyek elektrofiziológias csápválaszt vagy viselkedési választ váltottak ki más ormányosbogár fajokból. Az egyetlen, a lucerna csipkézőbarkóból is viselkedési választ kiváltó illatanyag, a benzaldehyd aktivitását vizsgáltuk elektroantennográfiás (EAG) és egyedi érzékelőszőrt célzó (Single Sensillum Recording, azaz SSR) vizsgálatokban, hogy megerősítsük, a vizsgált faj csápja valóban képes-e érzékelni a vegyületet. Egy, más hüvelyes növényekre jellemző vegyületet, az eugenolt is bevontuk a kísérleteinkbe, ami szintén viselkedési választ váltott ki más ormányosbogár fajokból, és a lucerna csipkézőbarkó csápja is kimutathatóan érzékelte a vegyületet EAG vizsgálataink során. További szabadföldi kísérleteket végeztünk, hogy meghatározzuk a vizsgált vegyületek csalogatásának mértékét.

Cetoniinae cserebogarak (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae)

7. A bundásbogár, *Epicometis (Tropinota) hirta* Poda, valamint két másik, Cetoniinae alcsaládba tartozó cserebogár, az aranyos rózsabogár, *Cetonia aurata aurata* L. és a rezes virágbogár, *Potosia cuprea* Fabr. Közép- és Dél-Európa faunájára jellemző kertészeti kártevők. Számos szintetikus virág-illatanyag családok ismert az aranyos rózsabogár és a rezes virágbogár csalogatására, ami a virág-illatanyagok széles skálájára adott viselkedési válaszukon alapul. A három Cetoniinae cserebogár szabadföldi viselkedési válaszait két- és háromkomponensű virág-illatanyag kombinációkra vizsgáltuk. Célunk volt, hogy megvizsgáljuk az aranyos rózsabogár és a rezes virágbogár csalogatására kifejlesztett, sok virágfajnál előforduló virág-illatanyagokat tartalmazó [1-fenetil-alkohol, (*E*)-anetol és 3-metil-eugenol] családok komponenseinek a kicserélhetőségét olyan illatanyagokkal, melyek csak egyetlen hidrogén-, hidroxil- vagy metilcsoportban különböznek a fenti komponensektől. Emellett célul tűztük ki a közeli rokon kártevő faj, a bundásbogár fenti kombinációkra adott viselkedési válaszána vizsgálatát.

8. Végül a célunk volt egy egyszerűbb, kétkomponensű attraktáns kombináció kidolgozása a Cetoniinae alcsalád fajaira, számos virág-illatanyag szabadföldi vizsgálatával. Mivel dokumentált, hogy a 2-feniletanol csalogatja az aranyos rózsabogarat és a rezes virágbogarat is, ezt a vegyületet vettük alapul, melyhez egyesével más virág-illatanyagokat párosítottunk.

Díszbogarak (Coleoptera, Buprestidae)

9. Európában sürgető feladat, hogy felkészüljünk az Oroszország felől terjedő kőrisrontó karcsúdíszbogár, *Agrilus planipennis* Fairmaire és más, esetlegesen megjelenő, nagy jelentőségű, invazív díszbogarak érkezésére. Egy könnyű, jól kezelhető, nem-ragacsos csapda elősegítheti a kőrisrontó karcsúdíszbogár és más díszbogarak rajzáskövetését, illetve észlelését. A csapda segítségével információt szerezhetünk a megfigyelt díszbogár populációkról. A jelen tanulmány célja egy nem-ragacsos csapda típus fejlesztése volt, amely hasonló hatékonyságú, mint a jelenleg rendelkezésre álló ragacsos csapdák. Célunk volt, hogy a csapda könnyen kezelhető és viszonylag olcsó legyen, és így gazdaságosan tegye lehetővé a díszbogár populációk rendszeres rajzáskövetését és detektálását. Csalogató ingerként a világoszöld (korábban fluoreszkáló sárgaként vagy zöldessárgaként leírt) és a lila színeket alkalmaztuk. A vizsgált világoszöld hasonló árnyalatú volt, mint amit korábban az *Agrilus* fajok esetében a legerősebb csalogató ingerként ismerünk európai (nagy részben korábbi saját) kutatások alapján (Domingue és mtsai 2013). A lila szín megegyezett azzal, amelyet Brown és mtsai (2017) korábban teszteltek. 2018-ban világoszöldre festett és festetlen ragacsos és nem-ragacsos csapdákat hasonlítottunk össze, míg 2019-ben a nem-ragacsos csapdatípus világoszöldre és lilára festett és festetlen (átlátszó) változataival végeztünk összehasonlító kísérletet.

Eredmények

Cincérek (Coleoptera, Cerambycidae)

1. Öt, a Cerambycinae alcsaládba tartozó cincérfajról feromonkomponensekként leírt illatanyagot teszteltünk öt helyszínen, köztük Budapest határában, egy tölgyerdő cincér faunáján, hogy attraktánsokat találjunk a területen élő fajokra. A feromoncsalival ellátott csapdáink kilenc cincér fajt fogtak, köztük a foltoslábú légycincért, *Molorchus umbellatarum* Schreb, amely mindkét ivara nagy számban került a (2R*,3S*)-oktándiol tartalmazó csapdába, míg a diasztereomer (2R*,3R*)-oktándiol is bizonyos mértékig csalogató hatásúnak bizonyult, de a két illatanyag nem erősítette egymás hatását a kombinációk tesztelésekor. A Cerambycinae alcsalád Molorchini tribuszának fajai esetében ez az első ismertté vált aggregációs attraktáns, ami lehetséges, hogy a faj feromonkomponense is. Vizsgálatunk eredményei alátámasztják azt a hipotézist, hogy a diol/hidroxiketon feromon motívum a Cerambycinae alcsaládra jellemző és erősen konzervált. A jelen munkában a Cerambycinae alcsaládra vonatkozóan összefoglaljuk a fajokon belüli kémiai kommunikáció ismert elemeit, és tárgyaljuk a taxonómia, a rovarok viselkedése és a feromonszerkezetek közötti lehetséges kapcsolatokat.

2. A kísérleteinkben szereplő, az emberi szem számára zöldessárga színű, VARb3 típusú varsás csapdák szignifikánsan több lucernacincért fogtak, mint a kék, fehér sárga vagy áttetsző felsőrészűek, bár egyes vizsgálatokban a sárga színű csapdák is jelentős számú bogarat fogtak. A zöldessárga nagy intenzitással veri vissza a fényt az 500-550 nm hullámhossz tartományban, ami a lucernacincér e színre adott erőteljes viselkedési válaszána a kiváltója lehet. A (E)-anetol, 1-fenetil-alkohol és 3-metil-eugenol illatanyagokat tartalmazó háromkomponensű szintetikus csalétek általában növelte a zöldessárga csapdák lucernacincér fogását. Az 1-fenetil-alkohol vagy a 3-metil-eugenol a zöldessárga színnel kombinálva több bogarat csalogatott a csapdába az illatanyag csalétek nélküli zöldessárga ingerhez képest. A zöldessárga, szintetikus virágillatot kibocsátó csapdák használata a lucernacincér populáció rajzáskövetésére, illetve küszöbérték meghatározására segítheti optimális agrotechnikai módszerek alkalmazását, ami gazdasági és környezetvédelmi szempontból is előnyösebb, korszerűbb növényvédelmi gyakorlathoz vezethet.

3. Annak érdekében, hogy azonosítsuk azokat a csalogató illatanyagokat, amelyek felhasználhatók a bársonyos darázscincér rajzáskövetésére, illatanyag gyűjtést végeztünk az imágókból, majd szabadföldi viselkedésvizsgálatokat végeztünk az azonosított illatanyagokkal, melyek a faj lehetséges aggregációs feromon komponensei. Három vegyület, az (*R*)-3-hidroxi-hexán-2-on, az (*R*)-3-hidroxi-oktán-2-on, és az (*R*)-3-hidroxi-dekán-2-on viszonylag nagy mennyiségben volt jelen a hím kivonatokban függetlenül a kivonat készítésére használt oldószer típusától (dietyl éter, vagy diklórmétán). A hidroxi-ke-ton és annak rokon vegyületeinek egyike sem volt kimutatható a nőstényekből származó kivonatokban. A szabadföldi vizsgálatokban a C₆ és a C₁₀ illatanyagok keveréke, illetve a háromkomponensű keverék csalogatta abszolút mennyiségben a legtöbb bogarat, amely a kezeletlen kontrolltól szignifikánsan eltért. Más kombinációk, illetve az önmagukban alkalmazott illatanyagok csalogató hatása nem tért el szignifikánsan a csalétek nélküli kontroll fogásaitól. A hímek és nőstények hasonlóan reagáltak a kezelésekre. Eredményeink azt mutatják, hogy a (*R*)-3-hidroxi-hexán-2-on és a (*R*)-3-hidroxi-dekán-2-on a bársonyos darázscincér hímek által termelt aggregációs feromon komponensei, míg a (*R*)-3-hidroxi-oktán-2-on szerepe nem tisztázott. Az azonosított feromonkomponensek a bársonyos darázscincér populáció megfigyelésére alkalmazhatóak.

4. A sárgafarú darázscincér hímek, illetve nőstények légtéréből illékony anyagokat gyűjtöttünk össze, majd gázkromatográfhoz kapcsolt elektroantennográf (GC-EAD) és tömegspektrográf (MS) segítségével elemeztük a kivonatokat. A sárgafarú darázscincér csápjából elektromos potenciálkülönbségen alapuló választ kiváltó, hímekből készült kivonatok két komponensét azonosítottuk, az (*R*)-3-hidroxi-hexán-2-ont és az (*S*)-2-hidroxi-oktán-3-ont. A két illatanyag szintetikus előállított mintájával szabadföldi viselkedésvizsgálatot végeztünk, amelyhez az (*S*)-2-hidroxi-oktán-3-ont magunk szintetizáltuk. A két illatanyag kombinációja a sárgafarú darázscincér mindkét ivarát csalogatta a szabadföldi vizsgálatokban, amivel bizonyítottuk, hogy fajon belüli kommunikációra használt, hímek által termelt aggregációs feromonkomponensek az azonosított illatanyagok. Ezen kívül meglepetésünkre mindkét szintetikus vegyület csalogatta a ragadozó, feketenyakú szúfarkas egyedeit is. Elektroantennográfiás (EAG) vizsgálatokkal sikerült bizonyítanunk, hogy a feketenyakú szúfarkas csápjai is képesek érzékelni a sárgafarú darázscincér két aggregációs feromonkomponensét. Továbbá egy másik cincérfaj, a ürge darázscincér *Xylotrechus antilope* Schönh. egyedeit is szignifikánsan csalogatta az (*S*)-2-hidroxi-oktán-3-on önmagában, illetve az ezt a vegyületet tartalmazó kombináció. Eredményeink szerint mind a fajon belüli, mind pedig a fajok közötti kémiai kommunikációban kulcsszerepet játszhatnak az azonosított illatanyagok, ahol a feromon funkcion felül más cincérfajok számára is információt biztosítanak és a ragadozó fajok esetében prédájuk felkutatásában is szerepet játszhatnak egymás illatanyag-jelzéseinek a megfigyelésén keresztül.

5. Ismert cincér feromonkomponensek szintetikus keverékét próbáltuk ki egy hazai tölgyesben. A keverék több cincérfaj több fajtát csalogató, azok generikus attraktánsaként ismert, más földrajzi területeken végzett vizsgálatok alapján. Összességében 20 cincérfaj 1250 példányát fogtuk két csapdatípus segítségével. A változékony korongcincér, *Phymatodes testaceus* L. (Cerambycinae) és az öves gesztcincér *Leiopus nebulosus nebulosus* L. (Lamiinae) egyedeit szignifikánsan nagyobb számban fogtuk a csalival ellátott csapdákbán a kontrollokhoz képest. További négy cincérfaj jelentős számban került a panel csapdába, míg a varsás csapdákbán nem fogtunk jelentős mennyiséget. A tűzpiros facincér, *Pyrrhidium sanguineum* L. (Cerambycinae) egyedeiből szignifikánsan több bogarat fogtak a feromonkomponenseket tartalmazó csapdáink a kontroll csapdákhöz képest. A juhar-dízcincér, *Anaglyptus mysticus* L. (Cerambycinae), a négyfoltos cserjecincér, *Cortodera humeralis* Schaller és a tölgy-tövisescincér, *Rhagium sycophanta* Schrank (Lepturinae) esetében a csalival ellátott és kontroll csapdákbán fogott bogarak száma hasonló volt, ami azt jelzi, hogy nem a csalogató hatásnak köszönhetőek a fogások, hanem a csapda fizikai tulajdonságainak. A ragadozó feketenyakú szúfarkas imágóit mindkét csapdatípus csalival ellátott csapdái szignifikánsan nagyobb számban fogták a kizárólag oldószeres csalt tartalmazó kontroll csapdákhöz képest, a teljes fogással (összesen 1514 egyed) végzett statisztikai számítások alapján. A keverék komponensei közül a feketenyakú szúfarkas mindkét ivarának a csápjai szignifikáns választ adtak a 3-hidroxihexan-2-onra és a 2-metilbutan-1-olra, ráadásul a hímek csápjai szignifikánsan válaszoltak a syn-2,3-hexándiolra is. A feketenyakú szúfarkas erős csalogatása a feromonkomponensek keverékével arra utal, hogy érzékelik és megfigyelik a cincérek feromonjait. A szintetikus cincérferomonok kombinációját tartalmazó csalik, csapdák nélkül, esetleg felhasználhatók lehetnek a feketenyakú szúfarkas populációsűrűségének a manipulálására.

Ormányosbogarak (Coleoptera, Curculionidae)

6. Munkánk során a lucerna csipkézőbarkó elsősorban aromás növényi illatanyagokra adott válaszait vizsgáltuk, csalogató hatású kombináció fejlesztése céljából. Olfaktométeres vizsgálatainkban a lucernavirágok illata – mint ezen illatanyagok egy lehetséges forrása – a hím és nőstény lucerna csipkézőbarkó egyedeket egyaránt csalogatta. A benzaldehid, amely a lucerna által kibocsátott aromás illatanyag, a lucerna csipkézőbarkó hím és nőstény egyedek csápjából nem váltott ki mérhető választ elektroantennográfiás (EAG) vizsgálatban. Ennek ellenére a specifikus érzékelősejteket célzó, egyedi érzékelőszőrökön végzett (SSR - Single Sensillum Recording) vizsgálatainkban a csáp bunkójának harmadik és negyedik terminális szegmensén található érzékelőszőrök (sensilla basiconica) a benzaldehid két magasabb vizsgált dózisában (10^{-5} , 10^{-4} g) statisztikával igazolhatóan ingerületet váltottak ki mindkét ivar esetében, bizonyítva, hogy az idegrendszer perifériás szintjén a bogarak képesek érzékelni a benzaldehydet. A több éven át tavasszal végzett szabadföldi kísérleteink során a benzaldehid csalogatta a lucerna csipkézőbarkó hím és nőstény egyedeket, míg ősszel nem váltott ki viselkedési választ. A benzaldehid megfelelő kiindulás lehet a lucerna csipkézőbarkó észlelésére használható szintetikus csalétek fejlesztéséhez. A sávos csipkézőbarkó, *Sitona lineatus* L. feromonkomponense, a 4-metil-3,5-heptándion korábban csalogató hatásúnak bizonyult a lucerna csipkézőbarkó egyedekre. Szabadföldi kísérleteinkben a benzaldehid és a 4-metil-3,5-heptándion nem befolyásolták egymás hatását.

Cetoniinae cserebogarak (Coleoptera, Scarabaeidae, Cetoniinae)

7. Korábban bizonyítottuk, hogy a szintetikus 3-metil-eugenolt, 1-feniletanolt és (*E*)-anetolt tartalmazó háromkomponensű virág-illatanyag kombináció mind az aranyos rózsabogarat, mind a rezes virágbogarat erőteljesen csalogatta. Jelen kutatásunkban szabadföldi viselkedési vizsgálatokkal olyan illatanyagok szerkezetének felcserélhetőségét vizsgáltuk a szintetikus csalétekben, amelyek csak egyetlen hidrogén-, hidroxil- vagy metilcsoportban különböznek az e fajok csalogatására fejlesztett illatanyagkombináció egyes komponenseitől. Az ismert 1-fenetil-alkohol, 3-metil-eugenol és (*E*)-anetol összetevőkből álló kombináció előbbi két illatanyagát szerkezetileg hasonló, a legtöbb növény családban általánosan elterjedt virág-illatanyagokkal helyettesítettük. Az első két kísérletünk célja a háromkomponensű illatanyag kombinációból a 3-metil-eugenol helyettesíthetőségének vizsgálata volt a hasonló molekulaszervezetű eugenollal, illetve izoeugenollal. Az aranyos rózsabogár és a rezes virágbogár esetén minden csalétekkel ellátott csapda nagyobb fogásokat eredményezett a kezeletlen kontrollnál, ugyanakkor a 3-metil-eugenolt tartalmazó kombináció bizonyult a legerősebben csalogató hatásúnak, ami a két cserebogár faj 3-metil-eugenolra finomhangolt viselkedési válaszára utal. A második kísérletben a 3-metil-eugenolt tartalmazó ismert kombináció az eugenolhoz és az izoeugenolhoz képest számszerűen jobb eredményt mutatott a bundásbogár csalogatásában is, ami egybevág a korábbi, aranyos rózsabogárra és a rezes virágbogárra irányuló hasonló kísérlet eredményeivel. A további két kísérletünk az 1-fenetil-alkohol helyettesítését célozta meg. Mindhárom faj esetén, minden

illat-csalival ellátott kezelésben nagyobb fogásokat számoltunk a kezeletlen kontroll fogásainál, és a 2-fenetil-alkoholt tartalmazó hármas keverék fogta a legtöbb egyed, ami ráadásul az aranyos rózsabogár és a bundásbogár esetén jelentős fogásnövekedést eredményezett az 1-fenetil-alkoholos kombinációhoz képest. A benzil-alkohol a 2-fenetil-alkoholhoz hasonlóan jól teljesített az aranyos rózsabogár és a rezes virágbogár fogásában, felülmúlva a fenil-acetaldehidet tartalmazó kezelést. Ezzel szemben a bundásbogár esetén a fenil-acetaldehid a benzil-alkoholos kombinációnál bizonyult jobbnak és a 2-fenetil-alkoholhoz hasonló fogásokat eredményezett. Munkánk eredményeként a három fajra közös, optimalizált csalétket hoztunk létre, amely 2 fenetil-alkoholt, 3-metil-eugenolt és (*E*)-anetolt tartalmaz.

8. Célunk egy egyszerűbb attraktáns kombináció kidolgozása volt az aranyos rózsabogár és a rezes virágbogár csalogatására korábbi, szintetikus virág-illatanyagokkal végzett szabadföldi kísérletekre alapozva. A kipróbált kétkomponensű illatanyag csalétek közül a 2-feniletanol és 4-metoxi-fenetil-alkohol kombinációja mindkét fajt jelentős számban csalogatta, míg az 1,2,4-trimetoxibenzént tartalmazó kombináció közepes szintű fogások mellett a rezes virágbogár fogásait növelte. Eredményeink egy szelektívebb csalétek fejlesztéséhez vezethetnek a rezes virágbogár esetén, és segíthetik a két cserebogárfaj táplálkozási vonatkozású kémiai ökológiai sajátosságainak a mélyebb megértését.

Díszbogarak (Coleoptera, Buprestidae)

9. Két egymást követő évben, egy Budapest határában lévő tölgyesben végzett kísérleteink során fejlesztettünk egy új, nem-ragacsos, sokvarsás csapdatípust, amelynek világoszöld (korábban fluoreszkáló sárgaként vagy zöldessárgaként leírt) színe vizuális csalogató ingert jelent, míg az Észak-Amerikában általánosan használatra ajánlott lila színű és átlátszó csapdák nem csalogatták a díszbogarakat. A csapdáink tíz (2018) és nyolc (2019) *Agrius* fajból 238 (2018) és 194 (2019) példányt gyűjtöttek összesen, amelyek közül nyolc faj tölgyben károsít, és egy (*A. convexicollis* Redtenbacher) kőrishez köthető. Az új, világoszöld sokvarsás csapda hasonlóan teljesített, mint a megegyező színű ragacsos csapdáink. Eredményeink azt mutatják, hogy az új csapda kialakítás alkalmas lehet számos díszbogár faj csapdázására. További vizuális ingerek és illatanyagok segítségével szelektívebb és jobb csalogatóképességű csapdák fejleszthetőek, amelyek így még alkalmasabbak lehetnek mind az idegenhonos, mind az őshonos díszbogarak monitorozására és észlelésére.

A PhD fokozat megszerzése utáni publikációim, amelyek a dolgozat alapjául szolgálnak

Cincérek tájékoztatója

1)

Imrei, Z., Millar, J. G., Janik, G., Tóth, M. (2014): Field screening of known pheromone components of longhorned beetles in the subfamily Cerambycinae (Coleoptera: Cerambycidae) in Hungary. *Zeitschrift Für Naturforschung Section C-a Journal of Biosciences*, 68:236–242.

SJR Scopus - **Biochemistry, Genetics and Molecular Biology (miscellaneous): Q3**

2)

Imrei, Z., Kováts, Z., Toshova, T. B., Subchev, M., Harmincz, K., Szarukán, I., Domingue, M. J., Tóth, M. (2014): Development of a trap combining visual and chemical cues for the alfalfa longhorn beetle, *Plagionotus floralis*. *Bulletin of Insectology*, 67:161–166.

SJR Scopus - **Insect Science: Q2**

3)

Imrei, Z., Molander, M. A., Winde, I. B., Lohonyai, Z., Bálintné Csonka, É., Fail, J., Hanks, L. M., Zou, Y. F., Millar, J. G., Tóth, M., Larsson, M. C. (2019): Identification of the aggregation-sex pheromone of *Plagionotus arcuatus* ssp. *arcuatus* (Coleoptera: Cerambycidae) from two geographically separated European populations. *Science of Nature*, 106:9.

SJR Scopus - **Ecology, Evolution, Behavior and Systematics: Q2**

4)

Imrei, Z., Domingue, M. J., Lohonyai, Z., Moreira, J. A., Bálintné Csonka, É., Fail, J., Csóka, G., Hanks, L. M., Tóth, M., Millar, J. G. (2021): Identification of pheromone components of *Plagionotus detritus* (Coleoptera: Cerambycidae), and attraction of conspecifics, competitors, and natural enemies to the pheromone blend. *Insects*, 12:899.

SJR Scopus - **Insect Science: Q1**

5)

Imrei, Z., Lohonyai, Z., Orgován, E., Muskovits, J., Csóka, G., Fail, J., Tóth, M., Hanks, L. M., Millar, J. G. (2023): Longhorn beetles and predatory clerid beetles attracted to a blend of longhorn beetle pheromone compounds in a Central European oak forest (Coleoptera: Cerambycidae, Cleridae). *Agricultural and Forest Entomology*, 25:198–205.

SJR Scopus - **Forestry: Q1**

Ormányosbogarak tájékozódása

6)

Lohonyai, Z., Vuts, J., Karpati, Z., Koczor, S., Domingue, M. J., Fail, J., Birkett, M. A., Toth, M., Imrei, Z. (2019): Benzaldehyde: an alfalfa-related compound for the spring attraction of the pest weevil *Sitona humeralis* (Coleoptera: Curculionidae). *Pest Management Science*, 75:3153–3159. SJR Scopus - **Agronomy and Crop Science: D1**

Cserebogarak tájékozódása

7)

Lohonyai, Z., Vuts, J., Fail, J., Tóth, M., Imrei, Z. (2018): Field response of two cetoniin chafers (Coleoptera, Scarabaeidae) to floral compounds in ternary and binary combinations. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 53:259–270.

IV. Agrártudományok Osztálya: A, SJR Scopus - Insect Science: Q4

8)

Matula, E., Lohonyai, Z., Fail, J., Tóth, M., Imrei, Z. (2022): Interchangeability of floral volatiles in ternary lure combinations for catching three cetoniin chafer species (Coleoptera, Scarabaeidae). *Journal of Applied Entomology*, 146:1052–1057.

SJR Scopus - **Agronomy and Crop Science: Q2**

Díszbogarak tájékozódása

9)

Imrei, Z., Lohonyai, Z., Csoka, G., Muskovits, J., Szanyi, S., Vetek, G., Fail, J., Toth, M., Domingue, M. J. (2020a): Improving trapping methods for buprestid beetles to enhance monitoring of native and invasive species. *Forestry*, 93:254–264.

SJR Scopus - **Forestry: Q1**

10)

Imrei, Z., Lohonyai, Z., Muskovits, J., Matula, E., Vuts, J., Fail, J., Gould, P. J. L., Birkett, M. A., Toth, M., Domingue, M. J. (2020b): Developing a non-sticky trap design for monitoring jewel beetles. *Journal of Applied Entomology*, 144:224–231.

SJR Scopus - **Agronomy and Crop Science: Q1**

Felhasznált irodalom

- Brown, N., Jeger, M., Kirk, S., Williams, D., Xu, X. M., Pautasso, M., Denman, S.** (2017): Acute oak decline and *Agrilus biguttatus*: the co-occurrence of stem bleeding and D-shaped emergence holes in Great Britain. *Forests*, 8:17.
- Domingue, M. J., Imrei, Z., Lelito, J. P., Muskovits, J., Janik, G., Csóka, G., Mastro, V. C., Baker, T. C.** (2013): Trapping of European buprestid beetles in oak forests using visual and olfactory cues. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 148:116–129.
- Larsson, M. C.** (2016): Pheromones and Other Semiochemicals for Monitoring Rare and Endangered Species. *Journal of Chemical Ecology*, 42:853-868.
- Schröder, F. C.** (1996): Identifizierung und synthese neuer alkaloide, hydroxyketone und bicyclischer acetale aus insekten. Ph.D thesis, University of Hamburg, Germany
- Seibold, S., Brandl, R., Buse, J., Hothorn, T., Schmidl, J., Thorn, S., Muller, J.** (2015): Association of extinction risk of saproxylic beetles with ecological degradation of forests in Europe. *Conservation Biology*, 29:382-390.