

CSAPDÁZÁSI MÓDSZERFEJLESZTÉS HONOS ÉS INVÁZIÓS DÍSZBOGÁRFAJOK RAJZÁSKÖVETÉSÉRE

Imrei Zoltán^{1*}, Matula Eszter^{1,2}, Lohonyai Zsófia^{1,2}, Csóka György³, Muskovits József⁴, Szanyi Szabolcs⁵, Véték Gábor², Bozsik Gábor¹, Fail József², Vuts József⁶, Michael J. Domingue⁷ és Tóth Miklós¹

¹Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet, 1525 Budapest, Pf. 102

²Szent István Egyetem, Növényvédelmi Intézet, 1118 Budapest, Villányi út 29–43.

³Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Erdészeti Tudományos Intézet, 3232 Mátrafüred, Hegyalja u. 18.

⁴Független, 1113 Budapest, Tardoskőd u. 9.

⁵Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Növényvédelmi Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

⁶Biointeractions and Crop Protection Department, Rothamsted Research, Harpenden, AL5 2JQ, UK

⁷Department of Entomology, Kansas State University, 123 W. Waters Hall, Manhattan KS 66506, USA

*Levelező szerző: Tel: +36 70 571 8772; Email: imrei.zoltan@atk.hu

Az eddigi ismereteink nagy része a díszbogarak tájékozódásáról és kommunikációjáról az ázsiai körösröntő karcsúdíszbogár (*Agrilus planipennis*) kutatásával elért eredményekből származik, amely mostanra erdőkben és városi parkokban egyaránt az egyik legpusztítóbb inváziós kártevővé vált Észak-Amerikában és Oroszországban is. Európai nézőpontból az *A. planipennis* fajhoz hasonlóan számos Észak-Amerikában őshonos díszbogárfaj potenciális behurcolása is nagy kockázatot jelent. Ilyenek például az *Agrilus anxius*, az *Agrilus auroguttatus*, valamint az *Agrilus bilineatus* fajok. Egyes Európában őshonos díszbogárfajok, mint a boróka-tarkadíszbogár (*Ovalisia festiva*) vagy a szalagos díszbogár (*Coraebus florentinus*) elsősorban észak felé terjednek, a kontinens bizonyos régióiban új károsítónak megjelenve, illetve növekvő gazdasági jelentőséggel bírnak a korábbi elterjedési területükön, míg a hullámos díszbogár (*Coraebus undatus*), a kétpettyes karcsúdíszbogár (*Agrilus biguttatus*), a változékony karcsúdíszbogár (*Agrilus viridis*) vagy a málna-karcsúdíszbogár (*Agrilus cuprescens*) esetén elsősorban a gazdasági jelentőség növekedéséről beszélhetünk az ismert elterjedési területükön belül.

Az általánosan használt prizma és sokvarsás csapdatípusokat, illetve más ígéretes kísérleti csapdatípusokat tesztelték és hasonlították össze az Egyesült Államokban és Európában. A vizsgált csalogató hatású ingerek közé tartoztak a csapdaszínek, jellemzően a lila és a zöld árnyalatai, valamint az *Agrilus* díszbogarak kitinváza, mint vizuális inger, az olfaktórikus ingerek közül a növényi illatanyag kivonatok, így a Manuka olaj, a Phoebe olaj és a Cubeb olaj, valamint szintetikus növényi illatanyag komponensek, mint például a (Z)-3-hexenol. Csalogató hatású a (Z)-3-lakton [(Z)-3-dodecen-12-olid] is, ami az *A. planipennis* fajra leírt és mindezidáig egyetlen ismert feromonkomponens a díszbogaraknál.

Észak-Amerikában és Európában szabadföldi körülmények között, tölgyhöz kötődő díszbogárfajoknál olyan párzási viselkedést figyeltek meg, amelyet a levélhez vagy más mesterséges felülethez rögzített, elpusztult bogár egyedek vizuális ingere is kiváltott. A zöld színű, ragacsozott műanyaglapból készült, ágra szerelhető csapdák eredményezték a legnagyobb fogásokat más csapdatípusokhoz képest. Ezek több *Agrilus* díszbogarat csalogattak, ha a csapdák vizuális csaliként elpusztult *A. planipennis* egyedeket vagy mesterséges, bogarat utánzó modellt is tartalmaztak. A nanométeres

léptékű fénýtani tulajdonságaiban pontosan lemásolt műbogár csalik ugyanolyan fénýtörési mintázattal rendelkeztek, mint az *A. planipennis* nőtények, és 1 m távolságról a nőtényekével megegyező szintű, pázrásra irányuló viselkedési választ váltottak ki a felettük elrepülő *A. planipennis*, illetve *A. biguttatus* hímekből.

A vizuális, szaglási és más lehetséges ingerek optimalizálása azonban mindeddig még nem történt meg. A további fejlesztések eredményeként létrejövő kifinomultabb csapdatípusok érzékenyebb észlelést eredményezhetnek majd, fokozott szelektivitás mellett.

Kulcsszavak: díszbogár, csapda, Európa, vizuális, Buprestidae, *Agrilus*

A díszbogarak gazdasági jelentősége európai nézőpontból

A díszbogarak (Buprestidae) családjába feltehetően színes, jellegzetesen megnyúlt orsó-alakú bogarak tartoznak. Méretük 2–85 mm között változhat (Muskovits és Hegyessy 2002). A Coleoptera renden belül a nyolcadik helyet foglalják el fajszám tekintetében. A leginkább elfogadott rendszertani megközelítés szerint a Buprestidae család 13 alcsaládra, 50 tribusra és több mint 500 genuszra és algenuszra tagolódik (Bellamy 1985). Körülbelül 15 000 díszbogárfaj él szerte a világon, főleg a trópusi régiókban, közülük Európában körülbelül 300 fajukat találhatjuk (Bellamy 2002; Muskovits és Hegyessy 2002).

A díszbogarak kizárólag fitófág rovarok (Muskovits és Hegyessy 2002). A lárvák fák, bokrok ágaiban és törzsében rágnak járatokat, főleg a kéreg alatt, ritkábban a kéregben. Néhány faj lárvája azonban lágyszárú növények szárában, gyökerében vagy leveleiben él.

Az *Agrilus* genusz a több mint 3000 ide sorolható taxonnal minden bizonnyal a legnagyobb fajgazdagsággal rendelkezik számít a rovarvilágban (Bellamy 2002; Chamorro és mtsai 2015; Jendek 2016). Mindezek ellenére ez a rovarcsoport nem kapott jelentősebb figyelmet az ázsiai kőrisrontó karcúdíszbogár (*Agrilus planipennis* Fairmaire) Észak-Amerikába történő véletlen behurcolását megelőzően (Haack és mtsai 2002). Az *A. planipennis* terjedésével és felszaporodásával az egészséges amerikai kőris (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.), fehér kőris (*F. americana* L.) és fekete kőris (*F. nigra* Marsh.) fajok erdőalkotó állománya leromlik, majd az első károsítás után 15 évvel

az állományban több mint 99% mortalitás lép fel, és csak magoncok, illetve olyan levélrágott facsemeték maradnak életben, amelyek fás részei a méretükből adódóan még nem alkalmasak a díszbogár számára a károsításra. A fák többsége (>60%) még korábban, nagyjából 5 éven belül elpusztul (Klooster és mtsai 2018). Az *A. planipennis* fajt 2018 októberére az Egyesült Államok 35 államában és Kanada öt tartományában találták meg (Ontario, Quebec, New Brunswick, Nova Scotia és Manitoba) (<http://www.emeraldashborer.info>). A rendelkezésünkre álló beszámolók és a személyes kommunikációk alapján az összes észak-amerikai kőrisfaj fogékony az *A. planipennis* károsítására (Anulewicz és mtsai 2008; EPPO 2013; Poland és mtsai 2015). Poland és mtsai (2015) szerint az *A. planipennis* rendkívül hatékonyan azonosítja a gazdanövénykörébe tartozó fákat, még elegyes állományokban és ritka előfordulás mellett is. Ebből adódóan Knight és mtsai (2013) álláspontja szerint valószínűleg a kőrisállományok ritkulása, a szándékos szórt elegyítés vagy a viszonylag elzárt állományok fenntartása sem tudja megóvni a kőrisfákat és nem biztosít hatékony védekezési stratégiát.

Hasonlóan az észak-amerikai megjelenéséhez, az *A. planipennis* fajt véletlenül hurcolták be Ázsiából a moszkvai régióba is (Baranchikov és mtsai 2008), és innen minden irányban terjedni kezdett, ami Orlova-Bienkowskaja (2014) leírása szerint dél felé volt a legnagyobb léptékű. A 2012. évben az *A. planipennis* elérte a Fehéroroszországgal határos Szmolenszki Régiót, míg a 2013. évben az Ukrajnával határos Voronyezs Régiót (Musolin és mtsai 2017).

A 2019. évben a Voronyezs Régió ukrán határhoz közeli területén nagy *A. planipennis*

egyedsűrűség mellett élő, leveles ágakat már alig lehetett a mezővédő erdősávként zöld juharral (*Acer negundo* L.) elegyesen ültetett amerikai köriseken megfigyelni (Imrei Z. saját megfigyelés). Ugyanebben az évben Drogvalenko és mtsai (2019) megerősítették, hogy az *A. planipennis* Ukrajnában is jelen van. Amíg a 2019. évben csak Luhanszk Régió Makrivka megyéjében 13,3 ha területen volt az ázsiai körisrontó karcásúdszbogár megtalálható, addig a 2020. évben már a régió további három Oroszországgal szomszédos megyéjében (Troitske, Bilokurakino és Novopskov) is megtalálták a fajt, 234 ha területen kimutatva a kártételét (Bashynska 2020). Orlova-Bienkowskaja és Bienkowski (2018) korábbi becslései szerint a károsító elterjedési területe várhatóan a 2022. évig Oroszországra korlátozódik majd, 15–40%-os valószínűségű fehér-orosz, ukrán, észt, lett vagy litván területen való megjelenést jósolva. Európában a 2018. októberében Bécsben rendezett konferencia volt az első olyan fórum (PREPSYS 2018), amely felhívta a figyelmet az *A. palnipennis* kockázatára. A konferencián hallottakat Dancsházy (2019) foglalta össze a Növényvédelem hasábjain.

Az *A. planipennis* életciklusa általában egyéves, de hidegebb éghajlati viszonyok között kétévesre is nyúlhat (Wei és mtsai 2007; Tluczek és mtsai 2011). Az elhúzódozó rajzás 250 foknap (DD) elérésekor kezdődik (10 °C alsó fejlődési küszöb hőmérséklettel számolva), jellemzően májusban indul, és június végén tetőzik. A kifejlett egyedek legalább 10–14 napig a körislevelek szélén érési táplálkozást folytatnak az ivaréretté válás és párosodás megkezdése előtt (Rodriguez-Saona és mtsai 2006; Ryall és mtsai 2013). A nőtények átlagosan 47 tojást raknak a kéreg réseibe, repedéseibe (Wang és mtsai 2010; Rutledge és Keena 2012), amelyekből a lárvák két héten belül kikelnek. A kikelő lárvák közvetlenül a növénybe hatolva a hancs belső részéből, a szíjács külső részéből, valamint a kambiumból táplálkoznak, kígyó alakú, ürülékkel teli járatokat kialakítva (Poland és mtsai 2015). Négy stádiumot követően a lárvák ősszel befejezik a táplálkozást, és kifejlett lárvákként – előbábként – a bábkamrákban

telelnék át a kéregben vagy a külső hancsban. Tavasszal a bábnyugalom nagyjából három hetet vesz igénybe, jellemzően április folyamán.

Az USDA Forest Service erdészeti leltár és elemzési adatbázisát felhasználva Flower és mtsai (2013) úgy találták, hogy az USA 48 államában elterülő erdőkben körülbelül 8,7 milliárd körisfa és -csemete található, melyek a felszíni erdők növényi biomaszájának nagyjából 2,5%-át teszik ki. Klooster és mtsai (2018) szerint a körisek pusztulása okozta zavar az erdőben lékek kialakulásához és holtfa felhalmozódásához vezet, ami az erdei életközösségekre összetett hatással van. Érzékelhető hatások mutatkoztak a szukcessziós folyamatokban is. A nem honos inváziós növények erőteljesebb növekedést mutattak, változások következtek be a talajlakó és növényevő ízeltlábú közösségek összetételében, a madarak táplálkozási viselkedésében, a fajgazdagságban, valamint a közösségek összetételében. Flower és Gonzalez-Meler (2015) szerint a lombkártevőkhöz képest a xilofág károsítók, illetve az inváziós kártevők nagyobb negatív hatást gyakoroltak a nettó elsődleges növényi biomsza produktumra, és hatásukra hosszabb regenerációs idő volt jellemző. Kovacs és mtsai (2010) gazdasági megközelítésű elemzésükben a több, mint 17 millió körisfa védelmére, eltávolítására és pótlására fordított teljes összeget 10,7 milliárd dollárra becsülték. Ezek az előrejelzések arra utalnak, hogy érdemes lehet jelentős beruházásokat végrehajtani az izolált *A. planipennis* populációk terjeszkedésének lassítására és a körisfa-védelem, -eltávolítás és -pótlás végső költségeinek a késleltetésére, illetve csökkentésére.

Más díszbogárfajok is hasonló negatív hatással lehetnek a környezetre, különösen akkor, ha olyan területre hurcolják be őket, ahol a lehetséges gazdanövényfajok evolúciósan elszigeteltek voltak. Véleményünk szerint jelentős kockázatot hordozó, így megelőzendő az Észak-Amerikában honos *Agilus anxius* Gory esetleges behurcolása Euráziába, amely a kontinens teljes nyírállományát (*Betula* spp.) veszélyeztetheti. Ennek oka az *A. anxius* és az ázsiai nyírek egymástól elkülönült evolúciós folyamatai, amire az eurázsiai nyírek Észak-

Amerikában szerzett faiskolai szaporításban nyert tapasztalatai mutattak rá, jelezve, hogy valószínűleg nem képesek túlélni a károsítást (Muilenburg és Herms 2012). Egy másik mód lehet egyes díszbogarfajok kártevővé válására, ha olyan környezeti változások történnek, amelyek a díszbogarfaj számára már élőhelyül szolgáló területen kedveznek az elszaporodásuknak és terjedésüknek. Az *Agrilus auroguttatus* Schaeffer Észak-Amerika Arizona államában honos, és azon fajok közé tartozik, melyeknek nemrégiben növekedett az elterjedési területe, így jelenleg a kártevő Kalifornia déli részein is jelen van, és károsít, ahol korábban ismeretlen volt (Coleman és Seybold 2011), ráadásul potenciális veszélyt jelent az európai erdőkre nézve. Az európai tölgyesek (*Quercus* spp.) néhány díszbogarfaját növekvő jelentőségű erdészeti kártevőként tartják számon. Ilyen faj a szalagos díszbogar [*Coraebus florentinus* (Herbst)], amely a hullámos díszbogar [*Coraebus undatus* (Fabricius)] közeli rokon fajjal együtt a paratölgy (*Quercus suber* L.) két legjelentősebb kártevője a mediterrán régióban, jelentős veszteséget okozva a paraifaiparnak (Fürstenau és mtsai 2012; Fürstenau és mtsai 2015). A *C. florentinus* díszbogarat Szlovéniából (Jurc és mtsai 2009), valamint Magyarországról (Koltay és Leskő 1991) és Németország délnyugati részéből is (Buse és mtsai 2013) tölgyesekben előforduló erdészeti kártevőként írták le, valószínűleg az utóbbi évtizedek meleg és száraz időszakai következtében. Egy másik, melegkedvelő tölgykártevő, az *Agrilus biguttatus* Fabricius jelentősége is növekszik (Moraal és Hilszczanski 2000), és hatása feltételezhetően összefüggésbe hozható a fokozott szárazság idején fellépő akut tölgypusztulással (Denman és mtsai 2014; Brown és mtsai 2015; Brown és mtsai 2017; Denman és mtsai 2018).

A boróka-tarkadíszbogar (*Ovalisia festiva* L.) populációinak növekedése, illetve átterjedése a mediterrán régióból Európa északabbra fekvő részeire e bogárfaj státuszának veszélyeztetettről károsítóra változását eredményezte (Razinger és mtsai 2013; Nitzu és mtsai 2016). Környezeti változások játszottak közre abban, hogy a néhány éve még hazánkban ritka, védett

fajnak számító *O. festiva* jelentős kertészeti kártevővé vált (Németh 2013). Romániában és Szlovéniában, Magyarországhoz hasonlóan, mind a természetes borókásokban, mind a lakott területeken dísnövényként ültetett ciprusokon és borókákon az *O. festiva* populációk növekedését lehet megfigyelni. A károsított növényállományok egészségi állapotában és esztétikai értékében esett károk következtében felmerül az igény e kártevő rendszeres rajzás-követésére és a megfigyelt egyedszám függvényében a védekezésre. A klímaváltozás szerepét az említett esetekben alátámasztják a vizsgálati adatok, mivel a díszbogarok terjedésében mutatkozó tendenciák nyilvánvalóak.

A változékonny karcsúdíszbogar (*Agrilus viridis* L.) széles gazdanövénykörrel rendelkező, Európában gyakori faj, melyet főként a bükk (*Fagus sylvatica* L.) kártevőjeként tartunk számon (Lakatos és Molnár 2009; Molnár és mtsai 2010; Bruck-Dyckhoff és mtsai 2019). A nyárfa-karcsúdíszbogar (*Agrilus populneus* Schaefer) Közép-Európában a hibrid nyárfaültetvények veszélyes kártevője (Szontagh 1979). Az utóbbi húsz évben a málna-karcsúdíszbogar [*Agrilus cuprescens* (Ménétriés)] Európa számos területén a málna jelentős kártevőjévé vált a termővesszők károsításával alacsonyabb terméshozamot előidézve (Gordon és mtsai 1997; Véték és Péntes 2008).

Nyugat-Oroszországban nagyszámú európai köriskarcsúdíszbogar (*Agrilus convexicollis* Redtenbacher) egyedeket gyűjtöttek olyan díszfaként ültetett, leromlott állapotú amerikai körisek fiatalabb ágairól, melyeket *A. planipennis* egyedek is károsítottak (Orlova-Bienkowskaja 2015; Orlova-Bienkowskaja és Volkovitsh 2015). Az *A. convexicollis* gyakori faj Európa teljes kontinentális részén (Muskovits és Hegyessy 2002), így az *A. planipennis* vitathatatlan terjedésével egy időben az *A. convexicollis* monitorozása is fontossá válhat, mivel az élő, de már legyengített gazdanövényben fejlődik, hozzájárulva ezzel a fák állapotának teljes leromlásához.

Végül, Európa délkeleti határánál, Isztambulban két, egyelessel gyűjtött egyed alapján először jelezték az *Agrilus bilineatus* (Weber) fajt (Hizal és Arslangundogdu 2018), miután

Kis-Ázsiából, Törökország anatóliai régiójában is azonosították (Jendek 2016). Az *A. bilineatus* a kocsányos tölgyesek (*Quercus robur* L.) és szelídgesztenyések (*Castanea sativa* Mill.) kártevőjévé válhat a térségben. Észak-Amerikában, ahol őshonos, már kártevőnek számít elszaporodása miatt a szárazságtól és más abiotikus tényezők miatt legyengült fákra, és összefüggésbe hozható a keleti lombhullató erdőkben megfigyelt kiterjedt fapusztulással (Millers és mtsai 1989; Haack és Petrice 2019). A felsorolt fajok mindegyike jelentős inváziós kockázatot jelent más kontinensekre nézve, így annak érdekében, hogy eredményesen követhessük az esetleges megjelenésüket és a populációik mennyiségi viszonyainak a változását, együtt más díszbogarfajokkal, szükséges a jelenleg rendelkezésre álló csapdák értékelése, továbbfejlesztése és újabb, hatékonyabb monitorozási módszerek kidolgozása.

A díszbogarak felderítésének kihívásai

Siebert és mtsai (2014) bebizonyították, hogy az *A. planipennis* populációk első észlelése általában csak jóval a megtelepedés után következik. Az ilyen észrevétlen populációknál nagy lehetőség nyílik a gyors népességnövekedésre és földrajzi terjedésre. Az *A. planipennis* és más díszbogarak korai észlelése több időt biztosítana a védekezési stratégia kidolgozására és a károsítás okozta hatások elleni intézkedések végrehajtására. Az új kártételek észlelésére és a kis egyedszámú populációk rajzáskövetésére irányuló hatékony módszerek tehát kritikus szempontjai a kártevő megfékezésének, városi és erdei környezetben egyaránt (McCullough és Poland 2017).

A fenti példák felhívják a figyelmünket, hogy szükség van a díszbogarak kellően hatékony mintavételezési módszereinek kidolgozására Európában és más kontinenseken. Azonban a díszbogár imágók jellemzően kisméretűek, gyorsan repülnek, és a párzási időszakuk rövid. Ugyanakkor a legtöbb faj lárvája a fák és bokrok kérgében vagy lágyszárú növények szárában és gyökerében rejtetten fejlődik, ezzel megnehezítve jelenlétük vizuális érzékelését (Muskovits

és Hegyessy 2002; Chamorro és mtsai 2015). Így a korai károsításokat különösen nehéz észlelni, hiszen a lárvák rejtett táplálkozása miatt nincsenek a károsításra utaló egyértelmű jelek vagy tünetek.

A díszbogarak csoportjában egyedül az *A. planipennis* egy szexferomon-komponenst határozták meg, majd a szintetikus feromonkomponens és egy kismértékben eltérő analógjának a csaliként alkalmazását dolgozták ki (Bartelt és mtsai 2007; Ryall és mtsai 2012; Ryall és mtsai 2015; Silk és Ryall 2015). A feromonkomponens kevésbé illékony, így nagyobb távolságban már nem valószínű, hogy csalogató hatást képes kifejteni, ezzel korlátozva a csapdafogások esélyét. Valószínűleg még nem ismert az összes, az *A. planipennis* tájékozódását elősegítő, így a rajzáskövetési módszerek fejlesztésére alkalmas szaglási és látási inger, így azok optimalizált kombinációja sem kerülhetett még meghatározásra. Ezek a korlátozó tényezők igencsak megnehezítik az *A. planipennis* jelenlétének észlelését és a populációdinamikai változások megfigyelését, különösen a magas inváziós kockázattal jellemezhető területekre történő betelepedésük esetén.

Az *A. planipennis* észak-amerikai megtelepedésének felfedezésekor Haack és mtsai (2002) kiemelték a bogárfaj monitorozásához szükséges speciális eszközök hiányát, amely meggyőződésünk szerint más, potenciálisan jelentős kártevő díszbogarfajok esetén is korlátot jelent. Különösen megnehezíti az észlelést, hogy a kolonizáció kezdetén gyakran észrevétlen marad a károsítás. Az imágók jellegzetes D-alakú röpníllásainak (*Agrilus* és *Coraebus* fajoknál) felismerése rendszerint megkésett észlelést eredményez körisek, az amerikai gesztenye [*Castanea dentata* (Marsh.) Borkh.] vagy a tölgyek esetén (gyűrűs likacsú keménylombos fajok), itt ugyanis a károsítás gyakran a lombkoronában kezdődik, és a következő években folyamatosan halad lefelé, a törzs irányában. A röpníllások csak akkor válnak észrevehetővé, amikor a fák törzsének alsóbb régióiban is megjelennek, de ekkorra már a lárvák elszaporodtak, jelentős kárt okozva a fás részekben (Haack és Benjamin 1982; Haack és

mtsai 1983). Ezzel ellentétben a nyár- és nyírfajok estén (szórtlikacsú lágy lombos fajok) a törzs alsó részének vizsgálata a detektálás szempontjából hasznos lehet, ahol a lombkorona tömeges pusztulását megelőzően már felfedezhetünk rőpnyílásokat (Muilenburg és Hermis 2012). Haavik és mtsai (2015) munkája felhívta a figyelmet, hogy tovább csökkentheti a sikeres detektálás esélyét a gazdanövények egyenetlen eloszlása és a kisszámú, de nagyobb mértékben károsított „találka fák” léte, ahogy azt az *A. auroguttatus* esetén tapasztalták.

Lekérgezés észlelési céllal

Az *A. planipennis* kártételek észlelésére és eloszlására többek között lekérgezett „csapda-fákat” használnak az imágók csalogatása céljából, amit a lekérgezett rész környékén a lárvapopuláció egyedsűrűségének a vizsgálata követ (Ryall 2015). Ez a módszer jelenleg kis egyedsűrűség mellett az *A. planipennis* populációk monitorozásának az egyik leghatékonyabb módja (McCullough és mtsai 2009a; McCullough és mtsai 2009b; Mercader és mtsai 2013). A körisfákat tavasszal lekérgezik azért, hogy a tojásrakó nőstényeket odacsalogassa a sérült felület, majd ősszel a környező kérget lehántva megállapítható a lárvák jelenléte és egyedszáma. A csapdafák 8–12 cm átmérőjű törzsrészeit lekérgezve a fa felületének kevesebb, mint 45%-át kell lehántani, miközben az *A. planipennis* lárvák legalább fele ezeken a részeken található (Marshall és mtsai 2011). Egyetlen csapdafa esetén az észlelés valószínűsége 50% feletti, ha a területen az egyedsűrűségi mutató kevesebb mint 5 lárv/csapdafa, míg az elterjedten használt lila színű prizma csapda, Manuka olaj csalétekkel ugyanazon a területen 35% alatti észlelési valószínűséget ért el még akkor is, ha az egyedsűrűségi mutató 25 lárv/fa fölött volt (Mercader és mtsai 2013). Nagyon kis diszbogár-egyedsűrűség esetén (<5 lárv/csapdafa) három csapdafa használatával az észlelési valószínűség 90%-ra növelhető, míg 5 db lila színű prizmacsapda esetén csupán 40% érhető el. Egy másik megközelítés szerint, amelynél a lekérgezett fákra ragacsos öveket helyeznek el,

az *A. planipennis* fogási esélye növelhető (i.e.: McCullough és mtsai 2008). A csapdafák kérének lehántása meglehetősen munkaigényes, és az alkalmas fák felkutatása is nehézkes lehet, különösen városi vagy más lakott környezetben, illetve amikor a felvételezést több éven át végzik (Mercader és mtsai 2013).

Monitoring és csapdatípusok

Az alábbiakban a leggyakrabban használt csapdatípusokat és néhány, eddig csak kísérletek során alkalmazott alternatívát mutatunk be.

Prizma csapdák

A három, 35 × 60 cm oldalú, ragacsos és színes prizma csapdák jelentős kezdeti fejlesztésnek számítottak (Francese és mtsai 2010a; Francese és mtsai 2010b), mivel ez a típus biztosította az *A. planipennis* első szabványos megfigyelési módszerét. A színes műanyaglapokból hajtogatott prizma csapdákat széles körben alkalmazzák az Egyesült Államokban és Kanadában végzett felmérések során (Francese és mtsai 2011; McCullough és Poland 2017). Az Egyesült Államok Állat- és Növényegészségügyi Ellenőrző Szolgálat (APHIS 2018) szerint hozzávetőleg 12 000 db lila színű prizma csapdát használnak évente csak az Egyesült Államokban, ami az ottani *A. planipennis* monitoring rendszer alapját képezi. A prizma csapdákat Európában is alkalmazzák az *A. convexicollis* és az *A. viridis* fajok fogására bükkösben (*Fagus* spp.) és nyárasban (*Populus* spp.) Szlovákiában (Rhainds és mtsai 2017), az Egyesült Királyság tölgyeseiben az *A. biguttatus* és az *A. sulcicollis* Lacordaire (Brown és mtsai 2017), míg egy spanyolországi paratölgyesben a *C. undatus* esetében (Fürstenau és mtsai 2015).

Ágcsapdák

A vizuális ingerként bogár csalik tesztelésére kisméretű, ragacsos ágcsapdákat alkalmaztak egy magyarországi tölgyerdőben (Domingue és mtsai 2013), és egy pennsylvaniai körisültet-

vényben (Domingue és mtsai 2016a). Ez a típus két darab, 5×9 cm-es ragacs lap a hosszabbik él mentén háztető szerű egymáshoz rögzítésével jött létre, amelyet két-hároméves ágrészekre rögzítettek a lomblevelek közé. Mindkét tanulmány rámutatott, hogy a megfelelő illatanyagok használata növelni tudta a fogásokat, az *A. planipennis* feromonkomponensének a hozzáadását is beleértve. Ezt a bogártest, mint vizuális inger vizsgálatára fejlesztett csapda-típust a továbbiakban nem tesztelték alacsony egyedsűrűség mellett vagy további csapda-illetve csalétekfejlesztéseknél.

„Double-decker”, azaz kétemeletes csapdák

Ezeket a csapdákat az *A. planipennis* korai észlelésének céljából fejlesztették az utóbbi öt évben (Poland és mtsai 2016; McCullough és Poland 2017). A kétemeletes csapda két darab prizma csapda egymásra helyezésével jön létre: egy zöld [(Z)-3-hexenollal kezelt] és egy lila színű, melyet a talajfelszíntől 3 méter magasságban, egy PVC-csővön rögzítenek. Értelemszerűen a kétemeletes csapdák felülete ($14\,400\text{ cm}^2$) kétszer akkora, mint a lombkoronába egyenként kihelyezett prizma csapdáké (7200 cm^2), valamint 30%-kal nagyobb, mint a Lindgren varsás csapda 12 tölcserének összes felülete ($11\,160\text{ cm}^2$). A körisek ágairól lefogott csalétkes prizma csapdákkal ellentétben a kétemeletes csapdákat a körisek közelében, jól láthatóan, nyílt terepen helyezik el.

Sokvarsás Lindgren csapdák

Az elmúlt évtizedben fejlesztették ki a többször használható sokvarsás Lindgren csapdákat, amely a programvezetők, felvételező munkát végzők és kutatók felhasználóbarát csapda iránti igényére adott módszerfejlesztői válasz (Francese és mtsai 2011). A sokvarsás csapdákat 150–200 ml folyadékkal működő fogóedénnyel gyártják, amibe felületaktív, illetve tartósító hatású propilénlikolt, esetleg más vizes oldatot töltenek. A fogásokat az ellenőrzések során szűrő segítségével választják el a folyadéktól. A jelenleg elterjedten használt lila

prizma csapdákkal összehasonlítva mind a lila, mind a zöld színű sokvarsás csapdák hasonló, vagy nagyobb átlagos fogásokat mutattak, továbbá a nagyobb méretű, 12 és 16 tölcserből álló sokvarsás csapdák több *A. planipennis* egyedet fogtak, mint a kisebb, 4–8 egységből állók (Francese és mtsai 2013), amely utóbbiak monitorozás céljából való alkalmazása a kis hatékonyságuk miatt nem javasolt. A szintelen politetrafluor-etilén (PTFE) alapú Fluon® porral felületkezelt zöld csapdák csaknem négyszer több imágót fogtak, mint az izopropanol alapú Rain-X folyadékkal kezelt, illetve zöldre színezett Fluon® porral bevont csapdák, és csaknem $33\times$ többet, mint a kezeletlen kontroll csapdák. Tehát a Fluon® bevonat által biztosított csúszós felület jobban elősegíti a rovarfogásokat. Az *A. planipennis* fogások ivararányát a felületkezelés nem befolyásolta (Francese és mtsai 2013). Későbbi kísérletekben a fogások száma egyenletesen nagyobbak bizonyult a Fluon® porral felületkezelt zöld Lindgren sokvarsás csapdáknál, mint a lila színű prizma csapdáknál (Crook és mtsai 2014). Európában a Lindgren nyolctölcseres varsás csapdákat *C. undatus* csapdázására használták paratölgyesekben a spanyolországi Katalóniában (Fürstenau és mtsai 2015), ezek itt a prizma csapdáknál kevésbé alkalmasnak bizonyultak.

„Villamosszék” csapdák

Ezek központi elemei nanométeres felületi léptékű műbogarok, melyek fénytörési tulajdonságaikban megegyeznek az *A. planipennis* vázának a fénytörési tulajdonságaival, és vezetik az áramot. Ezek a tulajdonságok olyan csapda kialakítását tették lehetővé, ahol a díszbogarok a vizuális műbogar csalira leszállva áramütéstől pusztulnak el, majd lehullva egy tartályba kerülnek (Domingue és mtsai 2014). Az áramütésen alapuló varsás csapdákat az *A. planipennis* egyedein tesztelték egy pennsylvaniai köriserdőben az Egyesült Államokban, valamint más díszbogarok ellen egy magyarországi tölgyerdőben, a Mátrában. A sokvarsás csapdákhoz hasonlóan a csapda tulajdonságai itt is lehetővé teszik a nagyszámú díszbogar

fogásokat anélkül, hogy a csapda a ragacsos csapdákhoz hasonlóan telítődne.

A telítődés és a csapdák működtetésével kapcsolatos feladatok hátrányt jelentenek, és ellene szólnak a díszbogarak csapdázására általánosan használt ragacslapos csapdák használatának. A ragacsos csapdában fogott díszbogarak testét oldószerekkel kell a ragacstól megtisztítani a fajra történő biztos meghatározás érdekében, míg a nem-ragacsos csapdatípusokkal fogott díszbogarak faji bélyegei előkészítés nélkül ellenőrizhetők (i.e. Domingue és mtsai 2013), ezen felül a varsás csapdák jóval alkalmasabbak a populációk mennyiségi összehasonlításaira (Wall 1989).

Sokvarsás MULTz csapda

Egy Budapest határában fekvő tölgyesben Fluon® por bevonatú, világoszöld sokvarsás csapdát (Csalomon® MULTz) vizsgáltak díszbogarak fogására (Imrei és mtsai 2020; Lohonyai és mtsai 2020). Mind a MULTz csapda, mind pedig az azonos színű, 23 × 36 cm méretű ragacslapból készített PALz csapda hasonló számban fogtak *Agrilus obscuricollis* Kiesenwetter, *A. graminis* Laporte et Gory, *A. angustulus* (Illiger), *A. laticornis* (Illiger) és *A. convexicollis* imágókat. Mindkét színes csapda szignifikánsan többet fogott az egyes fajokból, mint az átlátszó kontroll varsás és ragacsos csapdák. A könnyű kialakítás mellett nem alkalmaztak folyadékot, hanem a fogóedény belsejét kezelték inszekticiddel, ezzel megkönnyítve a csapda és a befogott rovarok kezelhetőségét. Élő díszbogár egyedek gyűjtésére is alkalmas a MULTz csapda, amennyiben gazdanövény leveleit helyezzük a fogóedénybe, és 2–3 naponta vagy gyakrabban ellenőrizzük a fogásokat (Imrei Z. publikálatlan).

Optimális csapdaelhelyezés

Elhelyezés vízszintes vonaltranszekt mentén, valamint a napfény szerepe

Francese és mtsai (2008) jelentős különbségeket mutattak ki az egy vonalban kihe-

lyezett *A. planipennis* csapdák fogásaiban az erdős területektől a nyíltabb területeken álló fák irányában. A legtöbb bogarat az erdőszeleken vagy a zárt erdőtől 15–25 méterre álló facsoportok vagy magányos fák napsütötte oldalain fogták. Többen felismerték, hogy az *A. planipennis* imágók szívesebben tartózkodnak nyílt területen álló fákban, mint a zárt, árnyékosabb erdőkben, valamint jobban kedvelik a fák napsütésnek kitett ágait, mint az ellentétes oldalt (McCullough és Siegert 2007; Francese és mtsai 2008; McCullough és mtsai 2009a; McCullough és mtsai 2009b; Mercader és mtsai 2013). Egy másik kísérletben több *A. planipennis* egyedet fogtak az *A. planipennis* feromonkomponensével, a (Z)-3-laktonnal és egy zöld levél illatanyaggal, a (Z)-3-hexenollal csalétkezett csapdák, ha a lombkorona déli, napsütötte oldalán helyezték el, mint az északi oldalon (Ryall és mtsai 2015). Korábbi megfigyelések szerint a vizuálisan vezérelt párzási viselkedés közvetlen napfénynél történik (Lelito és mtsai 2007), és gyakran intenzívebb, ha a felhőtakarás nélküli időszak hosszabb (Domingue és mtsai 2016b), így az összes vizuális műbogar-ingeren alapuló csapdát a fák déli kitettségi oldalára helyezték (Domingue és mtsai 2011; Domingue és mtsai 2016a).

Több illat pontforrás közelsége a kétemeletes és más csapdák esetében

Az Egyesült Államokban az *A. planipennis* észlelésére irányuló felméréseknél a vonatkozó iránymutatásokban előírás, hogy az önállóan kihelyezett prizma csapdákat az út, erdőszele mentén, tehát a fa nyíltabb oldalán elhelyezkedő ágra kell kihelyezni a középkorona magasságában (APHIS 2018). Elméletben ez az előírás biztosítja, hogy a háromoldalú ragacsos prizma csapda legalább egy oldalát érje a napsütés. McCullough és Poland (2017) szerint azonban a gyakorlatban előfordulhat, hogy felsőbb ágak, illetve a szomszédos vagy közeli fák beárnyékolják a csapdát. Az emeletes csapdák előnye így abban rejlik, hogy a fán történő elhelyezkedésétől függetlenül a fához közeli, nyílt területen elhelyezhetők, és nem teszi függővé a

detektálást a fán való elhelyezéstől. Továbbá a nyílt területen nem csak a csapda napsütésnek való kitétsége jobb, de a környező körisek által kibocsátott illatanyagok is kevésbé befolyásolják a fogásokat. Így az emeletes csapdák egyedi elhelyezése, valamint a normál prizma csapdákhoz viszonyított kétszeres méretű ragacsos és színes felülete lehet az oka, hogy nagyobb arányban eredményeztek sikeres észleléseket a sokvarsás Lindgren vagy a prizma csapdákhoz képest.

Más tanulmányok javasolják, hogy több pontforrás alkalmazása egymásra kölcsönösen erősítő hatású lehet. Például a (Z)-3-lakton és (Z)-3-hexenol csalis zöldessárga prizmacsapdapárok him *A. planipennis* fogása jelentősen megemelkedett, amikor a csapdapárokat ugyanazon a fán helyezték el, mint, amikor a szomszédos fákon működtették a csapdapár egyes tagjait (Ryall és mtsai 2015). Ezek az eredmények nem csak azt sugallják, hogy a (Z)-3-lakton közeli tartományban hatékonyabb lehet, hanem felhívhatja a figyelmet több pontforrás fontosságára, amelyek erősítik egymást az *A. planipennis* hatékony kommunikációjában. Van azonban arra utaló jel, hogy a vizuális és a kémiai jelek kombinálásánál a jelátvitel pontos pontforrás-szinkronizálására nincs feltétlenül szükség. Az *A. planipennis* fajon csalétkes csapdákkal végzett kísérletekből kiderül, hogy nem befolyásolta a csapda hatékonyságát, ha az illatanyagokat azonos csapdában, vagy csak ugyanazon a fán helyezték el (Domingue et al. 2013).

A csapda működtetésének a magassága

A díszbogarok leginkább a fák lombkoronájában fordulnak elő, így a csapdafogások is jellemzően nagyobbak, ha a csapdát magasan, a lombkoronában helyezik el, különösen magas fák esetében. Egy tanulmányban a 4 m magasságban elhelyezett csapdák több *A. planipennis* hímeket fogtak, mint a 2 m-en lévők (Lelito és mtsai 2008), egy másik szerint pedig a 13 m-en, a lombkoronában található csapdák szignifikánsan több bogarat fogtak, mint a talajszinten kihelyezettek (Francese és mtsai 2008; Francese és mtsai 2010b). Az *A. planipennis* fogás akkor

is megnőtt, amikor a csapdák működtetésének a magasságát megnövelték egy 5–8 m magas állományban (Ryall és mtsai 2012). Továbbá az Egyesült Királyságban a 10 m magasan lévő csapdák jóval több *A. laticornis* egyedet fogtak, mint a 3 m magasságban működők, míg az *A. biguttatus* és az *A. sulcicollis* nem mutatott egyértelmű preferenciát ezeken a magasságokon (Brown és mtsai 2017).

Csapdafejlesztés – szín

Észak-Amerika

Az első színcsapdákat az *A. planipennis* észlelésére annak észak-amerikai megjelenését követően fejlesztették ki (Francese és mtsai 2005). Az *A. planipennis* retina érzékenységét azzal a céllal vizsgálták, hogy jobb vizuális csalogatást érjenek el (Crook és mtsai 2009). Az elektroretinogram (ERG) eredményei maximális spektrális érzékenységet mutattak a spektrum UV (340 nm), ibolya/lila (420–430 nm), kék (460 nm) és zöld (540–560 nm) tartományában. A nőstények a vörös tartományra (640–670 nm) különösen érzékenyek voltak, míg a hímek nem. Az ERG eredmények által meghatározott színtartományok egybehangzóak a prizma csapdákban sikerrel alkalmazott lila és zöld színekkel.

Francese és mtsai (2008) szabadföldi kísérleteikben megerősítették, hogy leginkább a retina érzékeny tartományaiban váltható ki csalogató viselkedési válasz az *A. planipennis* egyedekből. A lila prizma csapdák több *A. planipennis* egyedet fogtak, mint a fehér vagy vörös színűek. Továbbá a zöld sokvarsás csapdák jelentősen több bogarat fogtak, mint a feketék vagy a lilák (Francese és mtsai 2011). Egy illatanyagok használata nélküli kísérletben szignifikánsan több imágót fogtak a zöld szín csak 49%-át visszaverő, az emberi szem számára sötétebb csapdák, mint a 67% fényvisszaverésű világosabbak (Francese és mtsai 2010a). A lila és zöld árnyalatok által kiváltott viselkedési válaszok összehasonlítására végzett szabadföldi csapdázáson alapuló kísérletben a lila árnyalatai jóval kisebb mértékben csalogatták az *A. planipennis* imágókat, mint a

zöld árnyalatai. Ez független volt a csapda típusától (prizma vagy Lindgren sokvarsás), a kihelyezés magasságától vagy a nem-ragacos csapdák felületének kezelésétől (Francese és mtsai 2010b; Francese és mtsai 2013).

Azon zöld árnyalatú csapdák esetében, amelyeknél a fény legnagyobb visszavert aránya 49% volt, az *A. planipennis* fogások a hímek felé tolódtak (Francese és mtsai 2010a). A befogott hím bogarak aránya általában nagyobb volt a zöld csapdákban, mint a lilákban, függetlenül azok típusától vagy a kihelyezés magasságától (Francese és mtsai 2010b; Francese és mtsai 2013). Ezzel szemben a lila csapdák fogásai a nőtények irányába torzítottak, ami összefügghet a fent említett nőtény-specifikus érzékenységgel a spektrum vörös, 640–670 nm hullámhosszú régióiban (Francese és mtsai 2010a; Francese és mtsai 2013).

Európa

A zöld ragacos ág-csapdák jelentősen felülmúlták a többi csapdatípus fogásait az *A. angustulus*, az *A. sulcicollis*, az *A. obscuricollis*, az *A. laticornis* és az *A. graminis* esetében egy, a Mátrában végzett kísérletben (Domingue és mtsai 2013). Egy másik, az Egyesült Királyságban prizma csapdákkal végzett szabadföldi kísérletben Brown és mtsai (2017) szintén megerősítették, hogy az *A. laticornis* egyedeit csalogatta a zöld szín. Szlovákiában a körisben és nyárban fejlődő *A. convexcicollis* egyedeit szinte kizárólag zöld színű prizma csapdák fogták (Rhainds és mtsai 2017), míg a lila csapdák 2–3× több imágót fogtak a bükkhöz kötődő *A. viridis* egyedeiből magas (>95%) nőtény arány mellett, mint a zöld csapdák ugyanebben a kísérletben. Ezen kívül angliai tölgyesekben a lila színű prizma csapdák az *A. biguttatus* és az *A. sulcicollis* egyedeit fogták (Brown és mtsai 2017), míg egy spanyol paratölgyesben a *C. undatus* faj imágóit (Fürstenau és mtsai 2015).

Összefoglalva, Európában a lila és zöld színek erőteljes csalogató ingernek tűnnek, fajonként változó jellemző preferenciával, amit a jövőbeli csapdázási kísérleteknél figyelem-

be kell venni. Érdemes lehet megvizsgálni az ERG-érzékenységet vagy a színpreferenciák további aspektusait szabadföldi csapdázásokkal, mivel ezek a válaszok az egyes fajok esetében eltérhetnek a fent tárgyalt, az *A. planipennis* fajra vonatkozó eredményektől.

Csapdafejlesztés – illat

Észak-Amerika

A (Z)-3-hexenolt tartalmazó csalétek az összes vizsgált zöldlevél-illatanyag közül a legeredményesebben növelték az *A. planipennis* fogásokat, és inkább a hímeket csalogatták, mint a nőtényeket, amit zöld prizma csapdák használatával lehetett leginkább kimutatni a kezdeti csalétek-fejlesztési kísérletek során (de Groot és mtsai 2008; Grant és mtsai 2010; Grant és mtsai 2011). A (Z)-3-hexenol csalétkes, világoszöld ragacos prizma csapdák fogásai szignifikánsan a hímek irányába torzítottak a kezeletlen kontroll csapdákhoz képest mindkét területen, amellet, hogy a fogások abszolút számai is ezekben a csapdákban voltak a legnagyobbak (Grant és mtsai 2011).

Köris lombján táplálkozó *A. planipennis* nőtényekből sikerült egy lakton típusú illatanyagot kivonni, amely a (Z)-3-dodecen-12-olid (Bartelt és mtsai 2007), és amely a (Z)-3-hexenollal együttesen kibocsátva jelentősen növeli a zöld prizma csapdák csalogatását (Bartelt és mtsai 2007; Silk és mtsai 2011; Ryall és mtsai 2012; Ryall és mtsai 2013). A hím fogások a (Z)-3-lakton és a (Z)-3-hexenol kombinációjának az alkalmazásával megnöttek (Ryall és mtsai 2012). Három milligramm (Z)-3-lakton gumi kibocsátónként erősebben csalogatta az *A. planipennis* egyedeiket, mint az alacsonyabb 0,001, 0,1, vagy 1,0 mg (Z)-3-lakton szintetikus illatanyag mennyiség (Z)-3-hexenollal kombinálva, vagy a (Z)-3-hexenol magában (Ryall és mtsai 2015). Továbbá a lakton vegyület telített analógja, a dodecan-12-olid hasonlóan aktív volt, mind az érzékelésvizsgálatokban, mind a szabadföldi viselkedési vizsgálatokban, a (Z)-3-hexenollal együtt, zöld csapdában alkalmazva (Silk és mtsai 2015).

Olajok. Mivel a lekérgezett fákról begyűjtött mintákból nagy mennyiségben azonosítottak olyan szeszkviterpéneket, amelyek szintetikus vegyületként nincsenek kereskedelmi forgalomban, ezért családtekként növényi eredetű illatanyagokat használtak (Crook és Mastro 2010). Ilyenek a Manuka olaj, amely az új-zélandi teafa (*Leptospermum scoparium* J. R. Forst. & G. Forst.) (Myrtaceae) gőzpárlásával készül, és a Phoebe olaj, amely a Brazília déli részén, az *Araucaria* erdőkben található brazil dió vagy imbuia fa [*Phoebe porosa* (Nees & Mart.) Mez] – amely faj jelenleg érvényes neve *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso – (Lauraceae) gőzpárolt terméke. Egy sor, családkezett lila csapdákkal végzett viselkedési kísérletben a Manuka olaj csalival kezelt csapdák statisztikával igazoltan több *A. planipennis* egyed fogtak mindkét ivarból, mint a csali nélküli csapdák (Crook és mtsai 2008; Grant és mtsai 2010), míg a Phoebe olajjal kezelt világoszöld ragacsos prizma csapdák fogásai a nőstények irányába torzítottak annak ellenére, hogy a zöld színre önmagában a hímek nagyobb mértékű csalogatása jellemző, ahogy azt fentebb tárgyaltuk. A Phoebe olaj csalis csapdák szignifikánsan több bogarat fogtak, mint a Manuka olajat tartalmazó, vagy családtekk nélküli csapdák. Ezen felül Ryall és mtsai (2013) úgy találták, hogy a Phoebe olajjal családkezett csapdákban fogott nőstények nagyobb arányban tartalmaztak érett tojásokat, mint a (Z)-3-hexenollal kezelt csapdákban fogott nőstény egyedek. Crook és mtsai (2008) feltételezése szerint a Phoebe olaj erőteljesebb csalogatása a Manuka olajhoz képest a nőstények által bizonyítottan érzékelhető szeszkviterpén, a 7-epi-szeszkvitujén jelenlétének köszönhető, amely a lekérgezett (stresszelt) kőris kéreghez kapcsolható illatanyag.

Európa

Az *A. planipennis* fajra kidolgozott csapdázási megközelítéseket Domingue és mtsai (2013) kísérleteikben a kocsánytalan tölgyön [*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.] károsító díszbogárfajokra adaptálták. A növényi illatanyag családtekek, köztük a Manuka olaj, a (Z)-3-

hexenol és a (Z)-9-trikozén hozzáadása tendenciájában növelte a fogásokat, és statisztikával igazolható hatással voltak az összesített *Agrilus* fogásokra, illetve a nagy egyedszámmal fogott *A. angustulus* és *A. sulcicollis* fajok egyedeire.

A nőstény *C. undatus* fogására a leghatékonyabb illatanyag kombinációnak a lila színű prizma csapdákba helyezett (E)-2-hexenal (93 mg), (E)-2-hexenol (100 mg), 1-hexanol (51 mg), (Z)-3-hexenil-acetát (66 mg) és n-hexil-acetát (11 mg) keveréke bizonyult, amely keveréket a tápnövény paratölgy frissen levágott ágai légteréből kivont illatanyagok arányai alapján állítottak össze (Fürstenau és mtsai 2015). Ez az eredmény arra enged következtetni, hogy a zöldlevél illatanyagok fontos szerepet játszanak a faj nőstényeinek tápnövény-, illetve pártalálási viselkedésében.

A kocsányos tölgy levelének háromféle illatanyagából [(Z)-3-hexenal, (Z)-3-hexenol, (Z)-3-hexenil-acetát] összeállított szintetikus keverék csalogató viselkedési választ váltott ki a szüz *A. biguttatus* nőstényekből és hímekből olfaktometriás vizsgálatokban amellet, hogy a friss levelek szignifikánsan erősebben csalogattak, mint a szintetikus keverék (Vuts és mtsai 2016). Egy másik keverék [*p*-cimén, 1,8-cineol, (E)-ocimén, γ -terpinén és (R/S)-kámfor] a kéregszövettel megegyező viselkedési választ váltott ki a megtermékenyített nőstényekből. A két fent tárgyalt keverék szabadföldi vizsgálata feltétlenül szükséges lesz az érdemi következtetések levonásához.

A jávai bors (*Piper cubeba* L., Piperaceae) illóolaja, a Cubeb olaj (Singh és mtsai 2007) csalogató hatást gyakorolt az *A. viridis* egyedeire Szlovákiában, lila ragacsos prizma csapdákkal végzett kísérletekben (Rhainds és mtsai 2017). Az európai kísérletekben az illatanyagok gyenge aktivitást mutattak szabadföldi körülmények között, ami arra hívja fel a figyelmet, hogy mélyebb, viselkedéssel kapcsolatos ismeretek megszerzésére lenne szükség a további módszerfejlesztéshez, amely fajokénti eltéréseket mutathat. Ez a megközelítés növeli az olyan munkák értékét, melyet például Vuts és mtsai (2016) is felvázoltak az illatcsalátékek összetételének optimális megválasztásáról.

Elpusztult díszbogarak, mint vizuális csalétkek

A díszbogarak élénk, fémfényű színe elsősorban a kitinváz fizikai tulajdonságaiból adódik, és a fényinterferencia révén jön létre az egyes visszavert hullámhosszok felerősítésével, míg a színek csak kisebb mértékben köthetők sejtszinten előállított pigmentációhoz (Seago és mtsai 2009; Sharma és mtsai 2009; Stavenga és mtsai 2011; Domingue és mtsai 2014). A díszbogarak kitinvázának felső rétege vékony, átlátszó fénytörő rétegekből áll, ahol a különböző fémes színeket a fénynek a rétegeken történő visszaverődése okozza, mivel az uralkodó hullámhosszok a látószögtől függően változhatnak.

Észak-Amerika

Lelito és mtsai (2007) megfigyelése szerint napsütéses időben az *A. planipennis* hímek repülés közben a fákat vizsgálva a levélzeten pihenő nőstényeket keresik, majd miután 30-100 cm távolságból meglátják a nősténynek megfelelő vizuális ingert, gyorsan rájuk ereszkednek, majd megpróbálnak párosodni. Mindkét ivar elpusztult egyedeit a levelekre tűzve hasonló viselkedési választ váltottak ki, amely arra utal, hogy a hímek elsősorban vizuális jelek felhasználásával találják meg a nőstényeket. Az *Agrilus cyanescens* Ratzeburg és *Agrilus subcinctus* Gory fajokról egyaránt megerősítették, hogy vizuális jelek segítségével találják meg fajtársaikat (Lelito és mtsai 2011).

Az *A. planipennis* imágók párzási viselkedéséről szóló előzetes vizsgálatokban Lelito és mtsai (2007) megállapították, hogy a hímek egyenlő számban közelítettek meg elpusztult hím és nőstény egyedeket, bár jóval több időt töltöttek az elpusztult nőstényekkel való párosodás megkísérlésével. Ezzel szemben, amikor a lehetséges kémiai ingereket oldószeres lemosással eltávolították az elpusztult hímekről és nőstényekről, már nem volt ivarokból adódó különbség a rárepülő hímek által eltöltött időben. A vadon élő hímek jelentősen több időt töltöttek a lemosott, mint a lemosatlan hímeken, illetve kevesebbet, mint a lemosatlan nőstényeken.

Ezek a megfigyelések bebizonyították, hogy párzási viselkedéskor az *A. planipennis* nőstényei néhány centiméternél kisebb távolságra ható kontakt feromont alkalmaznak, melyek összetételét később vizsgálták (Lelito és mtsai 2009; Silk és mtsai 2009). Az *A. planipennis* fajhoz színében hasonló, ám méretét tekintve kisebb testű *A. cyanescens* egyedeit erősen csalogatta a kék színű ragacslos csapda, melyre elpusztult *A. planipennis* hímeket ragasztottak. Ez az egyike az első olyan eredményeknek, amely az *A. planipennis* fajon kívül más díszbogárfajok párzási viselkedésénél igazolja a vizuális jelek általános használatát, valamint e jelek fajok közötti kompatibilitását (Lelito és mtsai 2008).

Európa

Az Egyesült Államokban az *A. planipennis* tájékozódásával és kommunikációjával foglalkozó kutatás (Lelito és mtsai 2007; Crook és Mastro 2010; Silk és Ryall 2015) megelőzte és elősegítette a hasonló kutatási megközelítéseket néhány olyan díszbogárfajra vonatkozóan, amelyek Európában jellemzően sokkal alacsonyabb egyedsűrűséggel fordulnak elő (Domingue és mtsai 2011). Így egy magyarországi kocsánytalan tölgyesben öt díszbogárfajt, az *A. planipennis*-t, az *A. biguttatus*-t, az *A. sulcicollis*-t, az *A. cyanescens*-t és az *A. angustulus*-t elpusztult egyedeit használták vizuális csaliként egy párzási viselkedés megfigyelését célzó kísérletben (Domingue és mtsai 2011). Különösen érdekes volt az *A. sulcicollis* egyedeivel kapcsolatos megfigyelés, mivel ezt a fajt már korábban behurcolták Észak-Amerikába (Haack és mtsai 2009; Jendek és Grebennikov 2009). Ebben a kísérletben az *A. biguttatus*, az *A. sulcicollis* és az *A. angustulus* hímek párzási viselkedését figyelték meg sikerrel (Domingue és mtsai 2011). Az *A. biguttatus* és az *A. sulcicollis* hímjei jellemzően közvetlenül a nőstény modellekre szálltak le, hasonlóan az Észak-Amerikában az *A. planipennis* és az *A. cyanescens* fajokon végzett megfigyelésekhez (Domingue és mtsai 2011; Lelito és mtsai 2011). Ezzel szemben az *A. angustulus* általában a modell közelében a

levélfelületre szállt le, mielőtt aktív csápmozgást mutatva megközelítette volna azt, hasonlóan az Észak-Amerikában az *A. subcinctus* hímeknél megfigyelt viselkedéshez (Domingue és mtsai 2011; Lelito és mtsai 2011).

Az *A. sulcicollis*, az *A. angustulus* és az *A. subcinctus* hímjei leggyakrabban az azonos fajú modellt választották más *Agrilus* fajok jelenlétében (Lelito és mtsai 2007; Domingue és mtsai 2011), míg az *A. biguttatus* egyedei inkább a modell mérete, és nem annak faja szerint választottak, így a többi faj hímjeivel szemben a legnagyobb, azaz az *A. planipennis* modelleket részesítették előnyben, szemben akár a saját fajtársaikkal is. Kimutatták továbbá, hogy az *A. angustulus* bizonyos színeket előnyben részesít a szabadföldön felkínált hasonló méretű *A. planipennis* színváltozatok közül, ezzel indikációt mutatva a lehetséges párzópartnerhez kötődő színválasztásra (Domingue és mtsai 2016b).

Hasonlóan Lelito és mtsai (2008) megfigyeléseihez, ahol az *A. cyanescens* erős választ adott elpusztult *A. planipennis* egyedekre, Domingue és mtsai (2011) munkájában az *A. biguttatus* hímek mind az *A. biguttatus*, mind az *A. planipennis* modellekkel megpróbálták párosodni, akár percekig a vizuális csalin maradván és ezzel újabb igazolását adva a fajok közötti csalogatásnak. Az *A. biguttatus* hímek ráadásul több időt töltöttek az elpusztult *A. planipennis* modelleken, mint a saját elpusztult fajtársukon, bizonyítva, hogy a fajok közötti csalogatás nem csak a vizuális tájékozódáson alapuló megközelítésre korlátozódik, hanem az ezt követő párzási viselkedésre is kiterjed. További európai kísérletekben Domingue és mtsai (2013) kimutatták, hogy az *A. planipennis* vizuális csali jelenléte a kisméretű, zöld műanyag felületű (4 × 9 cm) ágcspadákra növelte az *A. sulcicollis*, *A. obscuricollis*, *A. graminis*, *A. biguttatus* és *Anthaxia* spp. fogások számát, amely további bizonyítékul szolgált az *Agrilus* fajok párzási viselkedésére jellemző, fajok közötti csalogatásra.

Mind a három intenzíven tanulmányozott európai díszbogárfaj (*A. biguttatus*, *A. sulcicollis* és *A. angustulus*) az észak-ameri-

kai fajokhoz hasonlóan vizuális ingerek segítségével azonosította és közelítette meg a rögzített, modellként használt elpusztult díszbogarakat. A leírt eseteknél meghatározó volt a hímek párkeresési viselkedésénél a levélzeten táplálkozó, vagy zöld műanyag háttéren elhelyezkedő nőtények vizuális ingere. Éppen ezért úgy tűnik, hogy általános jelenség a díszbogarak párkeresésénél, de legalábbis az *Agrilus* fajoknál, a vizuális ingerhez kötött viselkedési válasz alapul mint. Érdemes tehát azt a következtetést levonnunk, hogy az optimalizált mesterséges vizuális csalik hasznos kiegészítései lehetnek azoknak a csapdatípusoknak, melyek a levél zöld színének megfeleltethető inger segítségével a levelek nyújtotta háttérrel utánozzák. A témában publikált egyik tanulmányban sem találtunk arra példát, hogy a lila csapdákra helyezett bogarak hasonló viselkedési választ váltottak volna ki.

Csapdafejlesztés – mesterséges vizuális csalétek

A rovarok kommunikációjában a kémiai jelek azonosítására irányuló tudományos erőfeszítésekkel ellentétben a természetes környezetben zajló, viselkedésükhöz kapcsolódó vizuális jelek azonosítására tett kísérletek számban általában messze elmaradnak. Arra szintén bizonyítékunk van, hogy a hímek vizualitáson alapuló párkeresésének viselkedési válaszához nem feltétlenül szükséges egy elpusztult díszbogár. Észak-Amerikában például az *A. planipennis* az egyébként más bogárcsaládot képviselő homokfutrinka (*Cicindela sexguttata* F.) (Coleoptera, Cicindelidae) szárnyfedőjére adott válaszában gyakorisága nem különbözött az elpusztult *A. planipennis* modellre adott választól (Lelito és mtsai 2011).

A felhasznált ingerek jobb megértése a díszbogár kitinváz felületének nanométeres skálán való leírásával érhető el, amelyet a viselkedéssel kapcsolatos kiváltáshoz szükséges pontossággal másoltak le egy meglehetősen felderítetlen területen áttörést elérve (Domingue és mtsai 2014). A nőtény *A. planipennis* külső vázának nanométeres pontosságú mása az *A. biguttatus*

hímjeinek tipikus párkeresési viselkedését váltotta ki. Kimutatták, hogy a viselkedési válasz csak akkor váltható ki, ha a bogárvázzról, illetve a mesterségesen létrehozott fizikai szerkezet felületéről és nanométeres léptékű rétegeiből a megtörő, majd visszaverődő fény jól elkülöníthető, ágas-bogas mintázatot rajzolva verődik vissza az interferencia jelensége miatt. Más, hasonló, de pigment festékkel reprodukált színű és formájú műanyag modellek nem hoznak létre ilyen ágas-bogas mintázatot, és nem váltanak ki viselkedési választ. A mesterségesen létrehozott műbogarok ágas-bogas fényszóródási mintázatát úgy ellenőrizték, hogy a fehér lézerrel megvilágított vetületüket a valódi *Agrilus* egyedekről, illetve a pigment festékkel festett műbogarokról visszaverődő fény vetületével hasonlították össze. A nanométeres léptékben lemásolt műbogarok kiváltották az *A. biguttatus* hímek teljes csalogatás esetén jellemző leszállási viselkedését. Ezzel szemben az ilyen fénytörési tulajdonságokkal nem rendelkező, pigmentfestékkel festett műbogarokat az *A. biguttatus* hímek rövid repüléssel megközelítették, majd leszállás nélkül elrepültek. A nanométeres léptékű másolatok tulajdonsága, hogy elektromos vezetőképesseggel rendelkeznek, lehetővé téve egy elektromos árammal ölt csapda prototípusának a létrehozását. A prototípus szabadföldön számos díszbogárfajt, köztük az *A. planipennis* és az *A. biguttatus* egyedeit is sikeresen fogta.

A különböző ingerek kombinációja és azok relatív fontossága

Crook és mtsai (2012) megállapították, hogy az *A. planipennis* egyedek csalogatásában a világos- vagy a sötétzöld vizuális ingerek sokkal fontosabbak, mint a (Z)-3-hexenol, mint illatinger. Hasonlóképpen, Crook és mtsai (2014) megfigyelték, hogy a felhasznált növényi illatanyag és feromon kombinációktól függetlenül az alacsony *A. planipennis* egyed-sűrűségű területeken a zöld színű, Fluon® por bevonatú, 12 elemes sokvarsás csapdák fogásai elérték vagy meghaladták a ragasztós lila prizma csapdák fogásait. Ezek a tanulmányok azt a következtetést sugallják, hogy a vizuális

ingerek a szaglási ingerekkel szemben döntő fontosságúak, és az illatanyagokat kivétel nélkül zöld színű csapdában alkalmazták. Hasonlóan, Imrei és mtsai (nem közölt) a feromonkomponens-analóg dodecan-12-olid és (Z)-3-hexenol csalikat tartalmazó zöld MULTz és zöld 12 elemes Lindgren csapdával jelentősen több *A. planipennis* egyedet fogtak, mint a megegyező csalétket tartalmazó lila 12 elemes Lindgren csapdával, amelyek fogása nem tért el statisztikai értelemben a nullától. Ryall és mtsai (2015) arra a következtetésre jutottak, hogy az ismereteik szerint optimális *A. planipennis* csapda kialakításának elengedhetetlen része a sötétzöld szín, amelyet (Z)-3-lakton és (Z)-3-hexenol csalik hozzáadásával a lombkorona napsütötte oldalán kell kihelyezni. Domingue és mtsai (2016a) arról számoltak be, hogy a bogártest, mint vizuális csali használata a (Z)-3-hexenol csalival vagy (Z)-3-hexenol és (Z)-3-lakton csali kombinációval növelte egymás hatását az *A. planipennis* hímek csapdázásakor. Amíg a vizuális csalik nem voltak hatással a nőstény fogásokra, addig az illatanyagok befolyásolták azokat, a (Z)-3-hexenol és (Z)-3-lakton kezeléssel fogva a legnagyobb számú nőstényt. Véggkövetkeztetésként elmondhatjuk, hogy sok, gazdasági szempontból jelentős rovarcsoporttól eltérően a díszbogarak összetett tájékozódási és kommunikációs rendszert használnak, amelyben a vizuális ingereknek elengedhetetlen szerepe van (Gwynne és Rentz 1983; Lelito és mtsai 2007; Crook és mtsai 2009). A jövőbeli kutatási projektekben nem csupán az új csalogató ingerek azonosítására kell összpontosítanunk, hanem a díszbogarak és tápnövényeik által előállított komplex vizuális és olfaktórikus ingerek szinergista hatásának megértésére is. Úgy tűnik, hogy mindezeknek a tényezőknek szerepe van a párkeresésben és a gazdanövény megtalálásában. A vizuális, szaglási (speciális növényi illatanyagok, illetve feromonkomponensek) és más lehetséges ingerek kombinációja kifinomultabb csapdák fejlesztésével érzékenyebb detektálási módszerekhez vezethet, fokozott szelektivitás mellett.

Köszönetnyilvánítás

A projektet támogatta az Innovációs és Technológiai Minisztérium a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (NKFIH-1159-6/2019), a Szent István Egyetem növény-nemesítéssel és növényvédelemmel kapcsolatos kutatások tématerületi programja keretében, a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja, valamint az Innovációs és Technológiai Minisztérium UNKP Bolyai+ ösztöndíja. Szanyi Szabolcs munkáját a TKA, MÁEÖ2018-2019/279948 iktatószámú ösztöndíja támogatta. Köszönjük Szócs Gábornak a kézirat alapos bírálatát!

IRODALOM

- Anulewicz, A. C., McCullough, D. G., Cappaert, D. L., Pol and T. M.** (2008): Host range of the emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmai re) (Coleoptera: Buprestidae) in North America: Results of multiple-choice field experiments. *Environ. Entomol.*, 37: 230–241.
- APHIS** (2018): Emerald Ash Borer Survey Guidelines. United States Department of Agriculture Animal and Plant Health Inspection Service, USDA APHIS PPQ
- Baranchikov, Y., Mozolevskaya, E., Yurchenko, G. and Kenis, M.** (2008): Occurrence of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis* in Russia and its potential impact on European forestry. *OEPP/EPPO Bull.*, 38:233–238.
- Bartelt, R. J., Cosse, A. A., Zilkowski, B. W. and Fraser, I.** (2007): Antennally active macrolide from the emerald ash borer *Agrilus planipennis* emitted predominantly by females. *Journal of Chemical Ecology*, 33:1299–1302.
- Bashynska, O.** (2020): The first finding of the emerald ash borer (*Agrilus planipennis*) and the current situation in Ukraine. Paper presented at the Cooperation in crisis preparedness for *Agrilus planipennis* in the European Union, Tallinn, online conference, 14–16 September, 2020
- Bellamy, C. L.** (1985): A catalogue of the higher taxa of the family of the Buprestidae (Coleoptera) vol 4. Navorsinge van die Nasionale Museum, Bloemfontein.
- Bellamy, C. L.** (2002): Coleoptera: Buprestoidea vol 29. Zoological Catalogue of Australia, vol 5. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia.
- Brown, N., Inward, D. J. G., Jeger, M. and Denman, S.** (2015): A review of *Agrilus biguttatus* in UK forests and its relationship with acute oak decline. *Forestry*, 88:53–63.
- Brown, N., Jeger, M., Kirk, S., Williams, D., Xu, X. M., Pautasso, M. and 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.
- Bruck-Dyckhoff, C., Petercord, R. and Schopf, R.** (2019): Vitality loss of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and infestation by the European beech splendour beetle (*Agrilus viridis* L., Buprestidae, Coleoptera). *For. Ecol. Manage.*, 432:150–156.
- Buse, J., Griebeler, E. M. and Niehuis, M.** (2013): Rising temperatures explain past immigration of the thermophilic oak-inhabiting beetle *Coraeus florentinus* (Coleoptera: Buprestidae) in south-west Germany. *Biodivers. Conserv.*, 22:1115–1131.
- Chamorro, M. L., Jendek, E., Haack, R. A., Petrice, T. R., Woodley, N. E., Konstantinov, A. S., Volkovitsh, M. G., Yang, X. K., Grebennikov, V. V. and Lingafelter, S. W.** (2015): Illustrated guide to the emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire and related species (Coleoptera, Buprestidae). Pensoft. <https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/49163>
- Coleman, T. W. and Seybold, S. J.** (2011): Collection history and comparison of the interactions of the goldspotted oak borer, *Agrilus auroguttatus* Schaeffer (Coleoptera: Buprestidae), with host oaks in Southern California and southeastern Arizona, USA. *Coleoptera Bulletin*, 65:93–108.
- Crook, D. J., Francese, J. A., Rietz, M. L., Lance, D. R., Hull-Sanders, H. M., Mastro, V. C., Silk, P. J. and Ryall, K. L.** (2014): Improving detection tools for emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae): comparison of multifunnel traps, prism traps, and lure types at varying population densities. *J. Econ. Entomol.*, 107:1496–1501.
- Crook, D. J., Francese, J. A., Zylstra, K. E., Fraser, I., Sawyer, A. J., Bartels, D. W., Lance, D. R. and Mastro, V. C.** (2009): Laboratory and field response of the emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae), to selected regions of the electromagnetic spectrum. *Journal of Economic Entomology*, 102:2160–2169.
- Crook, D. J., Khirman, A., Cosse, A., Fraser, I. and Mastro, V. C.** (2012): Influence of trap color and host volatiles on capture of the emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae). *J. Econ. Entomol.*, 105:429–437.
- Crook, D. J., Khirman, A., Francese, J. A., Fraser, I., Poland, T. M., Sawyer, A. J. and Mastro, V. C.** (2008): Development of a host-based semiochemical lure for trapping emerald ash borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera : Buprestidae). *Environ. Entomol.*, 37:356–365.
- Crook, D. J. and Mastro, V. C.** (2010): Chemical ecology of the emerald ash borer *Agrilus planipennis*. *J. Chem. Ecol.*, 36:101–112.

- Dancsházy, Z.** (2019): A kőrisrontó karsúdszobgár (*Agilus planipennis*) terjedésének nemzetközi tapasztalatai, lehetőségek az európai kőrisek hosszútávú védelmére. *Növényvédelem* 80:145–156.
- de Groot, P., Grant, G. G., Poland, T. M., Scharbach, R., Buchan, L., Nott, R. W., Macdonald, L. and Pitt, D.** (2008): Electrophysiological response and attraction of emerald ash borer to green leaf volatiles (GLVs) emitted by host foliage. *Journal of Chemical Ecology*, 34:1170–1179.
- Denman, S., Brown, N., Kirk, S., Jeger, M. and Webber, J.** (2014): A description of the symptoms of acute oak decline in Britain and a comparative review on causes of similar disorders on oak in Europe. *Forestry*, 87:535–551.
- Denman, S., Doonan, J., Ransom-Jones, E., Broberg, M., Plummer, S., Kirk, S., Scarlett, K., Griffiths, A. R., Kaczmarek, M., Forster, J. és mtsai** (2018): Microbiome and infectivity studies reveal complex polyspecies tree disease in acute oak decline. *Isme J.*, 12:386–399.
- Domingue, M. J., Andreadis, S. S., Silk, P. J., Ryall, K. L. and Baker, T. C.** (2016a): Interaction of visual and chemical CUES in promoting attraction of *Agilus planipennis*. *J. Chem. Ecol.*, 42:490–496.
- Domingue, M. J., Csóka, G., Tóth, M., Véték, G., Péntzes, B., Mastro, V., and Baker, T. C.** (2011): Field observations of visual attraction of three European oak buprestid beetles toward conspecific and heterospecific models. *Entomol. Exp. Appl.*, 140:112–121.
- Domingue, M. J., Imrei, Z., Lelito, J. P., Muskovits, J., Janik, G., Csóka, G., Mastro, V. C. and Baker, T. C.** (2013): Trapping of European buprestid beetles in oak forests using visual and olfactory cues. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 148:116–129.
- Domingue, M. J., Lakhtakia, A., Pulsifer, D. P., Hall, L. P., Badding, J. V., Bischof, J. L., Martin-Palma, R. J., Imrei, Z., Janik, G., Mastro, V. C. és mtsai** (2014): Bioreplicated visual features of nanofabricated buprestid beetle decoys evoke stereotypical male mating flights. *PNAS*, 111:14106–14111.
- Domingue, M. J., Lelito, J. P., Myrick, A. J., Csóka, G., Szócs, L., Imrei, Z. and Baker, T. C.** (2016b): Differences in spectral selectivity between stages of visually-guided mating approaches in a buprestid beetle. *J. Exp. Biol.*, 219:2837–2843.
- Drovalenko, A. N., Orlova-Bienkowskaja, M. J. and Bieńkowski, A. O.** (2019): Record of the emerald ash borer (*Agilus planipennis*) in Ukraine is confirmed. *Insects*, 10:338.
- EPPO** (2013): Pest risk analysis for *Agilus planipennis*. http://www.eppo.int/QUARANTINE/Pest_Risk_Analysis/. Accessed: 6 May, 2019
- Flower, C. E. and Gonzalez-Meler, M. A.** (2015): Responses of temperate forest productivity to insect and pathogen disturbances. In: Merchant SS (ed) *Annual Review of Plant Biology*, vol 66. *Annual Review of Plant Biology*. Annual Reviews, Palo Alto, pp 547–569.
- Flower, C. E., Knight, K. S. and Gonzalez-Meler, M. A.** (2013): Impacts of the emerald ash borer (*Agilus planipennis* Fairmaire) induced ash (*Fraxinus* spp.) mortality on forest carbon cycling and successional dynamics in the eastern United States. *Biol. Invasions*, 15:931–944.
- Francese, J. A., Crook, D. J., Fraser, I., Lance, D. R., Sawyer, A. J. and Mastro, V. C.** (2010a): Optimization of trap color for emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae). *Journal of Economic Entomology*, 103:1235–1241.
- Francese, J. A., Fraser, I., Lance, D. R. and Mastro, V. C.** (2011): Efficacy of multifunnel traps for capturing emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae): effect of color, glue, and other trap coatings. *Journal of Economic Entomology*, 104:901–908.
- Francese, J. A., Fraser, I., Rietz, M. L., Crook, D. J., Lance, D. R. and Mastro, V. C.** (2010b): Relation of color, size, and canopy placement of prism traps in determining capture of emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae). *Can. Entomol.*, 142:596–600.
- Francese, J. A., Mastro, V. C., Oliver, J. B., Lance, D. R., Youssef, N. and Lavalley, S. G.** (2005): Evaluation of colors for trapping *Agilus planipennis* (Coleoptera : Buprestidae). *J. Entomol. Sci.*, 40:93–95.
- Francese, J. A., Oliver, J. B., Fraser, I., Lance, D. R., Youssef, N., Sawyer, A. J. and Mastro, V. C.** (2008): Influence of trap placement and design on capture of the emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae). *Journal of Economic Entomology*, 101:1831–1837.
- Francese, J. A., Rietz, M. L. and Mastro, V. C.** (2013): Optimization of multifunnel traps for emerald ash Borer (Coleoptera: Buprestidae): influence of size, trap coating, and color. *Journal of Economic Entomology*, 106:2415–2423.
- Fürstenau, B., Quero, C., Riba, J. M., Rosell, G. and Guerrero, A.** (2015): Field trapping of the flat-head oak borer *Coroebus undatus* (Coleoptera: Buprestidae) with different traps and volatile lures. *Insect Sci.*, 22:139–149.
- Fürstenau, B., Rosell, G., Guerrero, A. and Quero, C.** (2012): Electrophysiological and behavioral responses of the black-banded oak borer, *Coroebus florentinus*, to conspecific and host-plant volatiles. *J. Chem. Ecol.*, 38:378–388.
- Gordon, S. C., Woodford, J. A. T. and Birch, A. N. E.** (1997): Arthropod pests of *Rubus* in Europe: pest status, current and future control strategies. *J. Hortic. Sci.*, 72:831–862.
- Grant, G. G., Poland, T. M., Ciaramitaro, T., Lyons, D. B. and Jones, G. C.** (2011): Comparison of male

- and female emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) responses to phoebe oil and (Z)-3-hexenol lures in light green prism traps. *Journal of Economic Entomology*, 104:173–179
- Grant, G. G., Ryall, K. L., Lyons, D. B. and Abou-Z. M. M.** (2010): Differential response of male and female emerald ash borers (Col., Buprestidae) to (Z)-3-hexenol and manuka oil. *J. Appl. Entomol.*, 134:26–33.
- Gwynne, D. and Rentz, D.** (1983): Beetles on the bottle: male buprestids mistake stubbies for females (Coleoptera). *Australian Journal of Entomology*, 22:79–80.
- Haack, R. A. and Benjamin, D. M.** (1982): The biology and ecology of the twolined chestnut borer, *Agrilus bilineatus* (Coleoptera: Buprestidae), on oaks, *Quercus* spp., in Wisconsin. *Can. Entomol.*, 114:385–396.
- Haack, R. A., Benjamin, D. M. and Haack, K. D.** (1983): Buprestidae, Cerambycidae, and Scolytidae associated with successive stages of *Agrilus bilineatus* (Coleoptera: Buprestidae) infestation of oaks in Wisconsin. *Great Lakes Entomol.*, 16:47–55.
- Haack, R. A., Jendek, E., Liu, H. P., Marchant, K. R., Petrice, T. R., Pol and T. M., Ye, H.** (2002): The emerald ash borer: a new exotic pest in North America. *Newsletter of the Michigan Entomological Society*, 47:1–5.
- Haack, R. A. and Petrice, T. R.** (2019): Historical population increases and related inciting factors of *Agrilus anxius*, *Agrilus bilineatus*, and *Agrilus granulatulus liragus* (Coleoptera: Buprestidae) in the Lake States (Michigan, Minnesota, and Wisconsin). *The Great Lakes Entomol.*, (in press)
- Haack, R. A., Petrice, T. R., and Zablotny, J. E.** (2009): First report of the European oak borer, *Agrilus sulci-collis* (Coleoptera: Buprestidae), in the United States. *Great Lakes Entomol.*, 42:1–7.
- Haavik, L. J., Flint, M. L., Coleman, T. W., Venette, R. C. and Seybold, S. J.** (2015): Goldspotted oak borer effects on tree health and colonization patterns at six newly-established sites. *Agric. For. Entomol.*, 17:146–157.
- Hizal, E. and Arslangundogdu, Z.** (2018): The first record of two-lined chestnut borer *Agrilus bilineatus* (Weber, 1801) (Coleoptera: Buprestidae) from Europe. *Entomol. News*, 127:333–335.
- Imrei, Z., Lohonyai, Z., Muskovits, J., Matula, E., Vuts, J., Fail, J., Gould, P. J. L., Birkett, M. A., Toth, M. and Domingue, M. J.** (2020): Developing a non-sticky trap design for monitoring jewel beetles. *J. Appl. Entomol.*, 144:224–231.
- Jendek, E.** (2016): Taxonomic, nomenclatural, distributional and biological study of the genus *Agrilus* (Coleoptera: Buprestidae). *Journal of Insect Biodiversity*, 4:1–57.
- Jendek, E. and Grebennikov, V. V.** (2009): *Agrilus sulci-collis* (Coleoptera: Buprestidae), a new alien species in North America. *Can. Entomol.*, 141:236–245.
- Jurc, M., Bojovic, S., Komjanc, B. and Krc, J.** (2009): Xylophagous entomofauna in branches of oaks (*Quercus* spp.) and its significance for oak health in the Karst region of Slovenia. *Biologia*, 64:130–138.
- Klooster, W. S., Gandhi, K. J. K., Long, L. C., Perry, K. I., Rice, K. B. and Herms, D. A.** (2018): Ecological impacts of emerald ash borer in forests at the epicenter of the invasion in North America. *Forests*, 9:14.
- Knight, K. S., Brown, J. P. and Long, R. P.** (2013): Factors affecting the survival of ash (*Fraxinus* spp.) trees infested by emerald ash borer (*Agrilus planipennis*). *Biol. Invasions*, 15:371–383.
- Koltay, A és, Leskő, K.** (1991): Adatok a sávós tölgybogár (*Coraebus bifasciatus* Oliv.) hazai tömeges előfordulásához [Data to the mass occurrence of *Coraebus bifasciatus* Oliv. in Hungary]. *Erdészeti Lapok*, 126:333–334.
- Kovacs, K. F., Haight, R. G., McCullough, D. G., Mercader, R. J., Siebert, N. W. and Liebold, A. M.** (2010): Cost of potential emerald ash borer damage in US. communities, 2009–2019. *Ecol. Econ.*, 69:569–578.
- Lakatos, F. and Molnár, M.** (2009): Mass mortality of beech (*Fagus sylvatica* L.) in south-west Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 5:75–82.
- Lelito, J. P., Böröczky, K., Jones, T. H., Fraser, I., Mastro, V. C., Tumlinson, J. H. and Baker, T. C.** (2009): Behavioral evidence for a contact sex pheromone component of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis* Fairmaire. *J. Chem. Ecol.*, 35:104–110.
- Lelito, J. P., Domingue, M. J., Fraser, I., Mastro, V. C., Tumlinson, J. H. and Baker, T. C.** (2011): Field investigation of mating behaviour of *Agrilus cyaneus* and *Agrilus subcinctus*. *Can. Entomol.*, 143:370–379.
- Lelito, J. P., Fraser, I., Mastro, V. C., Tumlinson, J. H. and Baker, T. C.** (2008): Novel visual-cue-based sticky traps for monitoring of emerald ash borers, *Agrilus planipennis* (Col., Buprestidae). *J. Appl. Entomol.*, 132:668–674.
- Lelito, J. P., Fraser, I., Mastro, V. C., Tumlinson, J. H., Böröczky, K. and Baker, T. C.** (2007): Visually mediated ‘paratrooper copulations’ in the mating behavior of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae), a highly destructive invasive pest of North American ash trees. *Journal of Insect Behaviour*, 20:537–552.
- Lohonyai, Z., Muskovits, J., Matula, E., Vuts, J., Fail, J., Gould, P. J. L., Birkett, M. A., Tóth, M., Domingue, M. J. and Imrei, Z.** (2020):

- „MULTZ”: Egy új, nem-ragacsos csapdatípus fejlesztése diszbogarak rajzáskövetésére. *Növényvédelem*, 81:309–319.
- Marshall, J. M., Storer, A. J., Fraser, I. and Mastro, V. C.** (2011): A predictive model for detection of *Agrilus planipennis* (Col., Buprestidae) larvae in girdled ash (*Fraxinus* spp.) (vol 135, pg 91, 2011). *J. Appl. Entomol.*, 135:714–714.
- McCullough, D. G. and Poland, T. M.** (2017): Building double-decker traps for early detection of emerald ash borer. *J. Vis. Exp.*:7.
- McCullough, D. G., Poland, T. M., Anulewicz, A. C. and Cappaert, D.** (2009a): Emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) attraction to stressed or baited ash trees. *Environ. Entomol.*, 38:1668–1679.
- McCullough, D. G., Poland, T. M., Anulewicz, A. and, Cappaert, D. L.** (2008): Double-deckers and towers: Emerald ash borer traps in 2007. Paper presented at the Proceedings of the Emerald Ash Borer and Asian Longhorned Beetle Research and Technology Development Meeting, Pittsburgh, Pa., US, 23–24 October 2007
- McCullough, D. G., Poland, T. M. and Cappaert, D.** (2009b): Attraction of the emerald ash borer to ash trees stressed by girdling, herbicide treatment, or wounding. *Can. J. For. Res.-Rev. Can. Rech. For.*, 39:1331–1345.
- McCullough, D. G. and Siegert, N. W.** (2007): Using girdled trap trees effectively for emerald ash borer detection, delimitation and survey. Dept. of Entomology and Dept. of Forestry, Michigan State University
- Mercader, R. J., McCullough, D. G. and Bedford, J. M.** (2013): A comparison of girdled ash detection trees and baited artificial traps for *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) detection. *Environ. Entomol.*, 42:1027–1039.
- Millers, I., Shriner, D. S. and Rizzo, D.** (1989): History of hardwood decline in the eastern United States. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep., Northeastern Forest Experiment Station – 126.
- Molnár, M., Bruck-Dyckhoff, C., Petercord, R. and Lakatos, F.** (2010): The role of *Agrilus virid* and *s* in the mass mortality of beech. *Növényvédelem*, 46:522–528.
- Moraal, L. G. and Hilszczanski, J.** (2000): The oak buprestid beetle, *Agrilus biguttatus* (F.) (Col., Buprestidae), a recent factor in oak decline in Europe. *J. Pest Sci.*, 73:134–138.
- Muilenburg, V. L. and Herms, D. A.** (2012): A review of bronze birch borer (Coleoptera: Buprestidae) life history, ecology, and management. *Environ. Entomol.*, 41:1372–1385.
- Muskovits, J. and Hegessy, G.** (2002): Jewel beetles of Hungary (Coleoptera: Buprestidae). *Grafon Kiadó*.
- Musolin, D. L., Selikhovkin, A. V., Shabunin, D. A., Zviagintsev, V. B. and Baranchikov, Y. N.** (2017): Between ash dieback and emerald ash borer: two Asian invaders in Russia and the future of ash in Europe. *Baltic For.*, 23:316–333.
- Németh, T.** (2013): A boróka-tarkadiszbogár (*Lamprodila festiva*) megjelenése és kártétele Budapesten. *Növényvédelem*, 49: 367–369.
- Nitzu, E., Dobrin, I., Dumbravă, M. and, Gutue, M.** (2016): The range expansion of *Ovalisia festiva* (Linnaeus, 1767) (Coleoptera: Buprestidae) in Eastern Europe and its damaging potential for cupressaceae. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 58:51–57.
- Orlova-Bienkowskaja, M. J.** (2014): Ashes in Europe are in danger: the invasive range of *Agrilus planipennis* in European Russia is expanding. *Biol. Invasions*, 16:1345–1349.
- Orlova-Bienkowskaja, M. J.** (2015): Cascading ecological effects caused by the establishment of the emerald ash borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in European Russia. *European Journal of Entomology*, 112:778–789.
- Orlova-Bienkowskaja, M. J. and Bienkowski, A. O.** (2018): Modeling long-distance dispersal of emerald ash borer in European Russia and prognosis of spread of this pest to neighboring countries within next 5 years. *Ecol. Evol.*, 8:9295–9304.
- Orlova-Bienkowskaja, M. J. and Volkovitsh, M. G.** (2015): Range expansion of *Agrilus convexicollis* in European Russia expedited by the invasion of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). *Biological Invasions*, 17:537–544.
- Poland, T. M., Chen, Y. G., Koch, J. and Pureswaran, D.** (2015): Review of the emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae), life history, mating behaviours, host plant selection, and host resistance. *Can. Entomol.*, 147:252–262.
- Poland, T. M., McCullough, D. G., Scarr, T., Francese, J. A., Crook, D., Domingue, M. J., Thistle, H., Strom, B., Blackburn, L. and Herms, D. A. és mtsai** Recent development and advances in survey and detection tools for emerald ash borer. In: 27th USDA Interagency Research Forum on Invasive Species, 2016.
- PREPSYS** (2018): Abstract book of Preparing Europe for invasion by the beetles emerald ash borer and bronze birch borer, two major tree-killing pests, OECD, Vienna, Austria, October 1–4, 2018.
- Razinger, J., Žerjav, M. and Modic, Š.** (2013): *Thuja occidentalis* l. Is commonly a host for cypress jewel beetle (*Ovalisia festiva* l.) In Slovenia. Paper presented at the Zbornik predavanj in referatov 11. Slovenskega posvetoovanja o varstvu rastlin z mednarodno udeležbo Bled, 5.–6. marec 2013.
- Rhains, M., Kimoto, T., Galko, J., Nikolov, C., Ryall, K., Brodersen, G. and Webster, V.** (2017): Survey tools and demographic parameters of Slovakian

- Agrilus* associated with beech and poplar. Entomologia Experimentalis et Applicata, 162:328–335.
- Rodriguez-Saona, C., Poland, T. M., Miller, J. R., Stelinski, L. L., Grant, G. G., de Groot, P., Buchan, L. and MacDonald, L. (2006): Behavioral and electrophysiological responses of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis*, to induced volatiles of Manchurian ash, *Fraxinus mandshurica*. Chemoecology, 16:75–86.
- Rutledge, C. E. and Keena, M. A. (2012): Mating Frequency and Fecundity in the Emerald Ash Borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). Ann. Entomol. Soc. Am., 105:66–72.
- Ryall, K. (2015): Detection and sampling of emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) infestations. Can. Entomol., 147:290–299.
- Ryall, K. L., Dutkiewicz, D., Silk, P. J., Antunes, P. M. and Ochoa, I. (2013): Ovarian development of *Agrilus planipennis*: effects of age and mating status and influence on attraction to host volatiles. Entomol. Exp. Appl., 149:77–84.
- Ryall, K. L., Silk, P. J., Fidgen, J., Mayo, P., Lavallee, R., Guertin, C. and Scarr, T. (2015): Effects of pheromone release rate and trap placement on trapping of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in Canada. Environ. Entomol., 44:734–745.
- Ryall, K. L., Silk, P. J., Mayo, P., Crook, D., Khrimian, A., Cosse, A. A., Sweeney, J. and Scarr, T. (2012): Attraction of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) to a volatile pheromone: effects of release rate, host volatile, and trap placement. Environmental Entomology, 41:648–656.
- Seago, A. E., Brady, P., Vigneron, J. P. and Schultz, T. D. (2009): Gold bugs and beyond: a review of iridescence and structural colour mechanisms in beetles (Coleoptera). J. R. Soc. Interface, 6:165–184.
- Sharma, V., Crne, M., Park, J. O. and Srinivasarao, M. (2009): Structural origin of circularly polarized iridescence in jeweled beetles. Science, 325: 449–451.
- Siebert, N. W., McCullough, D. G., Liebhold, A. M. and Telewski, F. W. (2014): Dendrochronological reconstruction of the epicentre and early spread of emerald ash borer in North America. Divers. Distrib., 20:847–858.
- Silk, P., Ryall, K. (2015): Semiochemistry and chemical ecology of the emerald ash borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). Can. Entomol., 147:277–289.
- Silk, P. J., Ryall, K., Lyons, B. D., Sweeney, J., and Wu, J. A. (2009): Contact sex pheromone component of the emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae). Naturwissenschaften, 96:601–608.
- Silk, P. J., Ryall, K., Mayo, P., Lemay, M. A., Grant, G., Crook, D., Cosse, A., Fraser, I., Sweeney, J. D., Lyons, B. D. és mtsai (2011): Evidence for a volatile pheromone in *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) that increases attraction to a host foliar volatile. Environmental Entomology, 40:904–916.
- Silk, P. J., Ryall, K., Mayo, P., MaGee, D. I., Leclair, G., Fidgen, J., Lavallee, R., Price, J. and McCannagh, J. (2015): A biologically active analog of the sex pheromone of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis*. J. Chem. Ecol., 41:294–302.
- Singh, G., Marimuthu, P., de Heluani, C. S. and Catalan, C. A. N. (2007): Chemical constituents, antioxidative and antimicrobial activities of essential oil and oleoresin of tailed pepper (*Piper cubeba* L.). Int. J. Food Eng., 3:23.
- Stavenga, D. G., Wilts, B. D., Leertouwer, H. L. and Hariyama, T. (2011): Polarized iridescence of the multilayered elytra of the Japanese jewel beetle, *Chrysochroa fulgidissima*. Philos. Trans. R. Soc. B-Biol. Sci., 366:709–723.
- Szontagh, P. (1979): A nyár-karcsúdiszbogár (*Agrilus suvorovi populneus* Schaeff.) károsítása és a védekezés lehetősége nemesnyárasokban [The damage of *Agrilus suvorovi populneus* Schaeff. and control options in poplar plantations]. Növényvédelem, 15:197–203.
- Tluczek, A. R., McCullough, D. G. Poland, T. M. (2011): Influence of host stress on emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) adult density, development, and distribution in *Fraxinus pennsylvanica* trees. Environ. Entomol., 40:357–366.
- Vétek, G. Péntzes, B. The possibilities of organic raspberry production setting a Hungarian example. In: Proceedings of International Scientific Conference on „Sustainable Fruit Growing: From Plant To Product”, May 28 – 31, 2008 Jūrmala – Dobeles, Latvia, 2008. pp 233–242.
- Vuts, J., Woodcock, C. M., Sumner, M. E., Caulfield, J. C., Reed, K., Inward, D. J. G., Leather, S. R., Pickett, J. A., Birkett, M. A., Denman, S. (2016): Responses of the two-spotted oak buprestid, *Agrilus biguttatus* (Coleoptera: Buprestidae), to host tree volatiles. Pest Manag. Sci., 72: 845–851.
- Wall, C. (1989): Monitoring and spray timing. Insect pheromones in plant protection. Wiley, New York.
- Wang, X. Y., Yang, Z. Q., Gould, J. R., Zhang, Y. N., Liu, G. J., Liu, E. S. (2010): The biology and ecology of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis*, in China. Journal of Insect Science, 10:28.
- Wei, X., Wu, Y., Reardon, R., Sun, T. H., Lu, M., Sun, J. H. (2007): Biology and damage traits of emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire) in China. Insect Sci., 14:367–373.

REVIEW OF METHODS FOR MONITORING NATIVE AND INVASIVE BUPRESTID BEETLES

Z. Imrei^{1*}, E. Matula^{1,2}, Zs. Lohonyai^{1,2}, Gy. Csóka³, J. Muskovits⁴, Sz. Szanyi⁵, G. Véték², G. Bozsik¹, J. J. Fail², J. Vuts⁶, M. J. Domingue⁷ and M. Tóth¹

¹Plant Protection Institute, CAR, H-1525, P.O. Box 102, Budapest, Hungary

²Plant Protection Institute, Szent István University, Villányi út 29–43, H-1118 Budapest, Hungary

³NARIC Forest Research Institute, H-3232 Mátrafüred, 18 Hegyalja street, Hungary

⁴Unaffiliated, 9 Tardoskő street, H-1113 Budapest, Hungary

⁵University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Plant Protection, H-4032, Debrecen, 138 Böszörményi road, Hungary

⁶Biointeractions and Crop Protection Department, Rothamsted Research, Harpenden, AL5 2JQ, UK

⁷Department of Entomology, Kansas State University, 123 W. Waters Hall, Manhattan KS 66506, USA

*Corresponding author: Tel: +36 70 571 8772; Email: ztimrei@gmail.com

Agrilus planipennis, a species of jewel beetle (Coleoptera: Buprestidae) of Asian origin, which has become one of the most destructive invasive forest insect pests in history following its introduction to North America and European Russia, has served as a model species to understand orientation and communication behaviour in this family. Commonly used prism and multi-funnel trap designs, and other promising experimental trap designs, have been tested and compared in the US and in Europe for detection and monitoring of *A. planipennis*. Typically, purple and green colours as visual cues, as well as synthetic plant volatiles [(Z)-3-hexenol], plant extracts (Manuka oil, Phoebe oil and Cubeb oil) and pheromones such as (Z)-3-lactone, have been considered as olfactory cues in trap development.

Similarly to *A. planipennis*, a number of buprestid species have a high invasive risk for Europe, including *A. anxius*, *A. auroguttatus*, and *A. bilineatus*. Native European species expanding their geographic range include *Ovalisia festiva* and *Coraebus florentinus*. Other native species increasing in their importance include *C. undatus*, *A. biguttatus*, *A. viridis* and *A. cuprescens*.

During field studies, by using pinned dead *A. planipennis* models in North America and Europe, general cross-species compatibility with respect to visual mating cues in males of *A. biguttatus*, *A. sulcicollis* and *A. angustulus* was observed, which is a behaviour similar to that previously found in *A. planipennis*.

Also, green plastic-covered branch-traps significantly out-performed other trap designs and caught more *Agrilus* jewel beetles if an artificial visual decoy, which copies a beetle body, was included. A higher-fidelity decoy offered the same distinctive light-scattering pattern as real resting *A. planipennis* females. Such decoys were observed to elicit the full sequence of stereotypical male mating flight behaviour of *A. planipennis* and *A. biguttatus* from up to 1 m away.

More sophisticated trap designs for the detection and monitoring of jewel beetle species with economic importance are awaited, which should possibly combine optimised visual, olfactory and other possible stimuli to achieve high sensitivity and increased selectivity.

Keywords: jewel beetle, trap, Europe, visual, Buprestidae, *Agrilus*

Érkezett: 2020. november 11.