

## A SÁRGAFARÚ DARÁZSCINCÉR, *PLAGIONOTUS DETRITUS* (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE) FAJON BELÜLI KOMMUNIKÁCIÓJA, VALAMINT A ROKONFAJOK, VERSENYTÁRSÁK ÉS TERMÉSZETES ELLENSÉGEK VÁLASZA A FEROMONKEVERÉKRE

Imrei Zoltán<sup>1</sup>, Michael J. Domingue<sup>2</sup>, Lohonyai Zsófia<sup>1,3</sup>, Jardel A. Moreira<sup>4</sup>, Bálintné Csonka Éva<sup>1</sup>, Fail József<sup>3</sup>, Csóka György<sup>5</sup>, Lawrence M. Hanks<sup>4</sup>, Tóth Miklós<sup>1</sup> és Jocelyn G. Millar<sup>6</sup>

<sup>1</sup>ELKH ATK, Növényvédelmi Intézet, Budapest, Herman Ottó u. 15., Magyarország

<sup>2</sup>Department of Entomology, Kansas State University, 123 W. Waters Hall, Manhattan KS 66506, Egyesült Államok

<sup>3</sup>Rovartani Tanszék, Növényvédelmi Intézet, Magyar Agrár-, és Élettudományi Egyetem, Ménési út 44., H-1118, Budapest, Magyarország

<sup>4</sup>Department of Entomology, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, Egyesült Államok

<sup>5</sup>Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Erdővédelmi Osztály, 3232 Mátrafüred, Hegyalja u. 18., Magyarország

<sup>6</sup>Department of Entomology, University of California, Riverside, CA 92521, Egyesült Államok

\*Levelező szerző: Tel: +36 70 571 8772; Email: ztimrei@gmail.com

A sárgafarú darázscincér, *Plagionotus detritus* L. (Coleoptera: Cerambycidae) Európa nagy részén és a Közel-Keleten elterjedt cincérfaj. Munkánk fő célja a faj feromonkomponenseinek azonosítása volt, amelyek felhasználhatóak lehetnek egy feromon alapú monitoring rendszer kifejlesztésére növényvédelmi céllal, azokon a területeken, ahol kártevőként jelentkeznek, illetve a természetvédelemben ott, ahol ritka vagy veszélyeztetett faj.

A sárgafarú darázscincér hímek illetve nőstények légtérből 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, *Clerus mutillarius* F. (Coleoptera: Cleridae) 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 fűrgő 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 prédájának a felkutatásában is szerepet játszhatnak egymás illatanyag-jelzéseinek a megfigyelésén keresztül.

**Kulcsszavak:** (R)-3-hidroxi-hexán-2-on; (S)-2-hidroxi-oktán-3-on; aggregációs feromon; kairomon, Clytini; ragadozó; *Plagionotus detritus*; *Clerus mutillarius*; *Xylotrechus antilope*

Az elhalt fás szárú növényeket hasznosító szaproxilofág rovarok, mint a szúbogarak, cincérek vagy díszbogarak, 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 élőhelyvesztésre. Ilyen esetekben az elhalt fákat, a lehullott ágakat és a fakitermelési törmelékét gyorsan eltávolítják, megszüntetve ezzel a szaproxil fajok táplálékforrását (Seibold és mtsai 2015). Ezzel a forgatókönyvvel találkozhatunk számos európai országban, ahol egyes rovarfajok drámai veszteségeket szenvedtek mind a népesség, mind a biológiai sokféleség tekintetében, különös tekintettel a fejlett és sűrűn lakott országokra, 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).

A sárgafarú darázscincér, *Plagionotus detritus* L. (Coleoptera: Cerambycidae) Európától a Kaukázuson át, Észak-Iránig és Kis-Ázsiáig fordul elő (Kaszab 1971; Danilevsky 2020). Ez a faj az élőhelyeinek az elvesztése miatt széles körben szenvedett el populáció csökkenést, nagyrészt a modern nyugat-európai erdészeti gyakorlatnak köszönhetően, és ma már több országban veszélyeztetettnek és kihalás közeli állapotúnak tekintik (Molander és mtsai 2019b). Ugyanakkor a sárgafarú darázscincér gyakori szaproxil bogárfaj Közép-Európában, beleértve Lengyelországot (Flaherty és mtsai 2019; Konwerski és mtsai 2020) és Magyarországot (Kaszab 1971; Keszthelyi 2015), Dél-Európában, beleértve Olaszországot (Rassati és mtsai 2018), valamint Kelet-Európában, így Romániában (Kaszab 1971; Brodie és mtsai 2019), Ukrajnában (Zamoroka 2018; Dovhaniuk és Zamoroka 2020) és Oroszország európai területein (Ruchin és Egorov 2018). A sárgafarú

darázscincért esetenként kártevőnek minősítik, mert károsíthatja a frissen kivágott, szabadban tárolt tölgyfát (Keszthelyi és mtsai 2017), ami a féltermészetes erdőkben, a nagyobb egyedszámmal való előfordulása miatt inkább jelentkezik, mint az intenzíven kezelt erdőkben (Rassati és mtsai 2018). A lárvák a lombhullató fákból fejlődnek, különösen a tölgyek (*Quercus* spp.), a gyertyán (*Carpinus betulus* L.), a bükk (*Fagus sylvatica* L.) és a szelídgesztenye (*Castanea sativa* Mill.) elhalt, száraz (ledőlt vagy álló) törzsén vagy vastag ágain.

Munkánk fő célja a sárgafarú darázscincér hímek és nőstények párzás előtti egymásra találásában szerepet játszó fő feromonkomponensek azonosítása volt. Ezek az illatanyagok képezhetik az alapját egy feromon alapú rajzáskövetésre alkalmas rendszer kidolgozásának, amely kiegészítő eszköze lehet a növényvédelmi technológiáknak azokon a területeken, ahol a sárgafarú darázscincér kártevővé válhat, illetve a természetvédelem egyik felvételezési módszere lehet, ahol a faj veszélyeztetett státusú az adott területen. 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 lehetséges feromonkomponenseknek a gyűjtésére az optimális időszakot. Az illatanyagokat tartalmazó kivonatokat csápszenzoros gázkromatográf (GC-EAD) segítségével elemeztük, a csápválaszokat kiváltó, ivar specifikus összetevőkre összpontosítva, amelyek feltételezett feromonkomponens jelöltek lehetnek. 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 torának a háti részén a mirigy pórusok jelenlétét, mint a feromon kibocsátás valószínűsíthető helyeit.

## Anyag és módszer

### *Kísérleti rovarok*

Az illatanyag kivonására Mátrafüred környéki tölgyerdőben (GPS koordináták: 47,841607N, 19,999709E) gyűjtöttünk sárgafarú darázscincér egyedeket frissen vágott, nap-sütötte kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* [Mat.] Liebl.) rönkökről a 2012. június 5. és 18. közötti időszakban, valamint a 2013. június 17. és 20. közötti időszakban (*1. táblázat*). A hímeket és a nőstényeket a potrohvég alapján elkülönítve (Kaszab 1971) tartottuk jól szellőző, tiszta műanyag dobozokban (56 × 28 × 28 cm), frissen vágott tölgy gallyakkal, kültéri hőmérsékleti és fényviszonyok mellett.

A sárgafarú darázscincér lehetséges feromonkomponenseivel végzett szabadföldi kísérletek során jelentős számú feketenyakú szúfarkast, *Clerus mutillarius* F. (Coleoptera: Cleridae) csalogattak a szintetikus illatanyagokat tartalmazó csalikkal ellátott csapdák (ld. Eredmények). Így 2018. július 1-jén és 2-án ugyanazon a helyen, hasonló körülmények között gyűjtöttünk feketenyakú szúfarkas egyedeket a megelőző hetekben kivágott tölgyfa rakatok **körül**, és a begyűjtött bogarakat a sárgafarú darázscincér esetében leírt körülményeknek megfelelően tartottuk.

### *Szabadföldi viselkedési megfigyelések*

A sárgafarú darázscincér egyedek fent leírt gyűjtése közben (2012. június 6. és 8. közötti időszakban, 8–18 óráig) a bogarak aktivitását napos és felhős időben is megfigyeltük és feljegyeztük. Megfigyeléseket végeztünk a bogarak viselkedésére vonatkozóan, hogy azonosítsuk a lehetséges feromontermelés időszakait a napi ritmusukban, amit az illatanyag gyűjtések időzítésénél használtunk.

### *A külső morfológia mikroszkópos vizsgálata*

Annak megállapítására, hogy a sárgafarú darázscincér himjei ivar-specifikus feromonmirigy pórusokkal rendelkeznek-e – a cincérek-

nél általánosnak tekintett, mások által felfedezett morfológiai szabályokat követve (Ray és mtsai 2006) – mindkét ivar példányainak az előtorát megvizsgáltuk és lefényképeztük VHX-5000 digitális mikroszkóppal, 500×-os nagyítású objektívlencsével (Keyence Co., Osaka, Japán).

### *A sárgafarú darázscincér egyedek légteréből illatanyagok gyűjtése és az általunk készített kivonatok elemzése*

A sárgafarú darázscincér hímek illetve nőstények imágóit tartalmazó üvegedény légteréből illékony anyagokat gyűjtöttünk (a részletes gyűjtési módszereket lásd az *1. táblázatban*). Az illatanyagokat aktív szénen kötöttük meg (adszorbeáltuk), zárt illatanyag-gyűjtő rendszer segítségével, amely a kísérleti bogarakat tartalmazó edény légteréből kiszivattyúzott levegőt átvezette az aktív szén illatcsapdán, majd visszajuttatta a levegőt az edény légterébe, zárt rendszert alkotva. A sárgafarú darázscincér imágói általában reggeltől kora délutánig aktívak napsütötte napokon a megfigyeléseink szerint. Így ezekben az órákban végeztünk illatanyaggyűjtést. Kontrollként bogarakat nem tartalmazó edényből is végeztünk illatanyaggyűjtést a bogarakat tartalmazó kezelésekkal párhuzamosan, megegyező körülmények között.

A budapesti laboratóriumban a légtérből származó kivonatot 6890N gázkromatográf (Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, USA), HP-5ms oszloppal (20 m × 0,32 mm × 0,25 µm filmvastagság; J&W Scientific, Folsom, CA, USA) vizsgáltuk. A befecskendezések osztott módban történtek (injektor hőmérséklete 220 °C), és a kemencét 1 perc időtartamra 50 °C hőmérséklet tartására programoztuk, majd 5 °C/perc sebességgel 230 °C hőmérsékletre emeltük a hőmérsékletet, és ezt 10 percig tartottuk a program zárásaként. A vivőgáz hélium volt (áramlási sebesség: 4,0 ml/perc, 56 cm/s, állandó nyomás: 112 kPa). A mintákat DB-WAX oszloppal (30 m × 0,32 mm × 0,25 µm filmvastagság; J&W Scientific) felszerelt HP-5890 gázkromatográf (Hewlett-Packard, jelenleg Agilent) is elemeztük. A befecskendezéseket osztott módban, 215 °C

injektor hőmérsékleten végeztük, a kemence kezdeti hőmérséklete 31 °C volt 1 percen át, majd 10 °C/perc sebességgel 240 °C-ra emeltük, és 10 percig tartottuk a program végéig. A vivőgáz hélium volt 2,0 ml/perc áramlási sebességgel. A bogarak által termelt vegyületeket kezdetben a hímek és nőstények illat-

anyag kivonataiból készített kromatogrammok vizuális összehasonlításával elemeztük az Agilent ChemStation szoftver (A.10.02 verzió) segítségével. A hím-specifikus vegyületeket előzetesen azonosítottuk nem-poláros (HP-5ms) és poláros (DB-WAX) oszlopokon mért retenciós idejük autentikus standardoké-

1. táblázat

**A sárgafarú darázscincér, *Plagionotus detritus* illatanyagainak légtérből való mintavételezési módszerének a részletei és eszközei.**

Módszer/eszközök	Leírás
A kísérleti bogarak gyűjtési helye (koordináták <sup>a</sup> )	Mátrafüred, Magyarország, 47.8416N/19.9997E
<b>Az illatanyag gyűjtést megelőzően a kísérleti rovarok tartási körülményei</b>	Szabadföldi hőmérséklet és fényviszonyok, szellőző átlátszó műanyag dobozokban (56 × 28 × 28 cm), ivarok szerint elválasztva, tölgy hajtásokon tartva és almaszeletek biztosítása folyadékpótlásra
<b>Rendszer típusa</b>	Zárt illatanyag gyűjtő berendezés (Closed-loop stripping apparatus, CLSA)
Légpumpa (modell, gyártó)	DC12/16NK, Erich Furgut GmbH, Tannheim, Németország
Párhuzamosan működő illatanyag gyűjtő edények száma	4
Edény (térfogat, gyártó)	0,5 l, rendelésre készített üveg, MOM, Budapest, Magyarország
Légáram (l/min)	5,0
<b>Illatanyag gyűjtő adszorbens</b>	1,5 mg faszén, fémhálóval üvegcsőben rögzített (termék: P/N 9 1006010, Brechbühler AG, Schlieren, Svájc)
<b>Gyűjtés kezdete</b>	reggel (délelőtt 8–10 órától)
Gyűjtés időtartama	24 hr
Egyedek száma ivaronként és illatanyag gyűjtésenként	3
Ivarok szerinti elkülönítés	igen
üres kontroll működtetése	igen
Finom fém csíkok az illatanyag gyűjtő edényben	igen
A bogarak fénynek kitettsége az illatanyaggyűjtés alatt	napfény
Kivonás	100 µl diklórmetán
Adszorbens tisztítása	4–5 ml metanol 4–5 ml diklórmetán 4–5 ml pentán
Az üveg, fém és PTFE eszközök tisztítása	metanol diklórmetán pentán
Kivonatok tárolása	–54 °C, PTFE kupakos csavaros fiolában (Sigma-Aldrich, Budapest, Magyarország)

<sup>a</sup>Koordináták decimális fokban (DD)

val történő összehasonlításával. A kivonatokat az UC Riverside laborjába juttattuk el az azonosítás megerősítésére.

Az UC Riverside laborjában a kivonatokat újra elemeztük egy Agilent 6890N gázkromatográffal, amely egy 5975C tömegszelektív detektorhoz volt csatlakoztatva EI módban (70 eV). A gázkromatográfot HP-5 oszloppal (30 m × 0,25 mm átmérőjű, Agilent) szereltük fel, és a műszert 40 °C hőmérséklet 1 percen át való tartására programoztuk, majd 10 °C/perc sebességgel 280 °C hőmérsékletre emeltük, és ott 20 percig tartottuk. A befecskendezéseket „splitless” módban, 250 °C injektor hőmérsékleten végeztük. A vegyületeket úgy azonosítottuk, hogy tömegspektrumukat és retenciós idejüket egyeztetettük az autentikus standardokéval. A kivonatokat királis állófázisú Cyclodex B oszlopon (30 m × 0,32 mm átmérőjű, J&W Scientific) racém és enantiomerben dúsított 3-hidroxi-hexán-2-on (3-C6) és 2-hidroxi-oktán-2-on (2-C8) standardjaival együtt elemeztük, annak meghatározására, hogy a rovarok mely enantiomereket termelték. A kemencét 50 °C/1 perc tartása után, 3 °C/perc sebességgel 220 °C hőmérséklet elérésére programoztuk, 100 °C-os injektor-hőmérséklet mellett, hogy minimalizáljuk a termikusan indukált izomerizációt, „split” módban injektálva. Az elúciós sorrend a következő volt: (R)-3-C6 (13,30 perc), (S)-3-C6 (14,46 perc); (R)-2-C8 (22,02 perc), (S)-2-C8 (22,30 perc). Az azonosításokat úgy igazoltuk, hogy a standardokat a rovar kivonat alikvot részeivel együtt injektáltuk.

A cincér egyedek légtéréből készített kivonatokat csápszenzoros-gázkromatográf (GC-EAD) segítségével is elemeztük. A csáp válaszok méréséhez, a hím illetve nőstény egyedek csápjait 1,17 mm belső átmérőjű üvegelektrodák közé preparáltunk, amelyet 0,1 M KCl-oldattal töltöttünk meg. A preparálást megelőzően az üvegelektrodákat MP15 mikromanipulátorokban tartott ezüst/ezüstklorid elektrodákra erősítettük, és egy IDAC 232 erősítőhöz (Syntech GmbH, Kirchzarten, Németország) csatlakoztattuk, majd a jeleket számítógépen rögzítettük. Az illékony anyagok kivonatait egy 6890 N gázkromatográfba (Agilent) fecskendeztük, amely a budapesti

labornál említett HP-5 oszloppal volt felszerelve, és az ott leírt hőmérsékleti programmal analizáltuk. Az oszlop effluensét két azonos darab, deaktivált olvasztott szilícium-dioxid kapilláris oszlop (100 cm × 0,25 mm átmérőjű) között osztották fel, amelyek egy négyutas elosztóhoz voltak csatlakoztatva, ahol a negyedik kar további vivőgázt biztosított. Az egyik kapilláris a láng-ionizációs detektorhoz (FID 280 °C), a másik a fűtött EAD kimenethez (220 °C; Gerstel ODP2 átviteli vezeték) vezetett. Az EAD kapilláris effluentet egy üvegcsőben (8 mm átmérőjű × 150 mm; légáramlás 500 ml/perc) faszénrel szűrt és nedvesített levegőáramban juttattuk a felpreparált csápig.

#### *Elektroantennográfia (EAG) feketenyakú szúfarkas csáppal*

Elektroantennográfiát használtunk annak vizsgálatára, hogy a sárgafarú darázscincér két ivarának csápjai érzekelni képesek-e a hím vagy nőstény fajtársakból gyűjtött illatanyag-kivonatokat. Arra is használtuk, hogy a sárgafarú darázscincér hímek légtéréből származó illatanyagokból azonosított feromonkomponensek szintetikus változatait észlelni képesek-e a feketenyakú szúfarkas hímek és nőstények. A feketenyakú szúfarkasok ivarát a csápok eltávolítása után a boncolással határoztuk meg. Az EAG vizsgálatokhoz egy-egy élő nőstény (n = 6) vagy hím (n = 7) szúfarkas csápját a tövével eltávolítottuk a fejről, és két 0,1 M KCl oldatot tartalmazó üveg kapilláris elektród közé preparáltuk. Állandó, ~0,7 l/perc mennyiségű levegőáramot irányítottunk a csápra, amelyet ~3 mm-re helyeztünk el a Teflon™ bevontú acél stimuláló csőből kilépő légáramtól. Az egyik elektróda földelt, a másik pedig egy nagy ellenállású egyenáramú erősítőhöz (IDAC-232; Ockenfels Syntech GmbH) volt csatlakoztatva. A tesztvegyületeket (100 ng) 10 µl izopropil-alkoholban oldva egy Pasteur pipettában elhelyezett 5 × 5 mm-es szűrőpapírra adagoltuk. Az ingerekkel való stimulálást 1 ml levegő átpumpálásával a Pasteur-pipettán keresztül végeztük, ami az illatanyagokat a csáp irányába áramló levegőbe juttatta. Oldószeres kontroll-

ként izopropil-alkoholt használtunk, míg a tiszta levegő volt az üres kontroll, minden kémiai inger nélkül. A válasz amplitúdókat a standard (Z)-3-hexenolra adott válaszok átlagához viszonyítottuk, amelyekkel a tesztvegyületek előtt és után stimuláltuk a csápot.

#### *Az illatanyagok forrásai*

A racém 3-C6 (CAS-szám 54123-75-0) feromonkomponenst a Bedoukian Research, Inc. cégtől (Danbury, CT, USA), a 2,3-hexándiont az Aldrich Chemical Co. cégtől (Milwaukee WI, USA) vásároltuk, míg analitikai 2,3-oktándion mintát szintetizáltunk 2-hidroxi-oktán-3-on piridinium-dikromáttal metilén-kloridban végzett oxidációjával (Corey és Schmidt 1979). Kis mennyiségű (R)-3-C6 állt rendelkezésre egy korábbi szintézisből (Lacey és mtsai 2007), amelyben a racém anyag enzimatisus kinetikus rezolválásával 94%-ban enantio-dúsított anyagot állítottunk elő, ami analitikai mintákhoz elegendő volt, de terepi kísérletekhez nem. A 2-C8 (S)-enantiomerjét a Hall és mtsai (2006) által leírt módszer módosításával állítottuk elő a 2-hidroxi-dekan-3-on homológ enantiomerjeinek szintézisére vonatkozóan Imrei és mtsai (2021) által leírtak szerint.

#### *Első szabadföldi kísérlet*

**Feromon csalik.** Az első biológiai vizsgálathoz a feromonkibocsátó eszközök műanyag cipzárral lezárt polietilén zacskókból álltak (50 × 75 mm, 50 µm falvastagság, #018161A, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, Egyesült Államok), amelyeket fém sasszeggel rögzítettünk a csapdákhöz a zacskók kiszúrása nélkül. A csapdákat 50 µl racém 3-C6 illetve (S)-2-C8 illatanyaggal külön-külön, illetve azok 1:1 arányú keverékét tartalmazó csalikkal láttuk el, az egyes komponensenkét 0,5 ml izopropanol oldószer felhasználásával. Minden zacskóba egy-egy vattából készült fogászati tampondarabot (Celluron<sup>®</sup>, Paul Hartmann AG, Heidenheim, Németország) helyeztünk, hogy magukba szívják az oldószerben oldott illatanyagokat és így minimálisra csökkentsék a szil-

várgást. A feromonkomponensek oldatait előre elkészítettük, és -18 °C hőmérsékleten tároltuk a felhasználásig, amikor a csalikba adagoltuk.

**Csapdák.** A szabadföldi kísérleteket a VARb3 kódjelű, módosított varsás csapdával végeztük, amely az ATK Növényvédelmi Intézet (Budapest) CSALOMON<sup>®</sup> Csapdacsaládjának a tagja ([www.csalomontraps.com](http://www.csalomontraps.com)). A VARb3 csapda egy nyílásával felfelé néző varsatestből és a beleillő fogóedényből, valamint a felső varsanyíláshoz rögzített átlátszó csapda felsőrészből áll (Imrei és mtsai 2002; Schmera és mtsai 2004). A csapda felsőrész két tölcsérformára hajtott, a varsatestbe elhelyezett műanyag lap, amely függőleges síkjával feltartóztatja a repülő rovarokat, majd a két tölcsérral összegyűjti a síkba ütköző és leeső repülő rovarokat, amik így a varsatestbe hullnak. A VARb3 csapda világoszöld felsőrészszel szerelt változata (VARb3z) rendkívül hatékony a sárgafarú darázscincér rokon fajának, a lucernacínérnek, *Plagionotus floralis* (Pallas) a fogására (Toshova és mtsai 2010; Imrei és mtsai 2014), míg az átlátszó felsőrészszel szerelt változat a foltoslábú légycincér, *Molorchus (Glaphyra) umbellatarum* Schreb (Imrei és mtsai 2012) és a bársonyos darázscincér, *Plagionotus arcuatus* L. (Coleoptera: Cerambycidae) (Imrei és mtsai 2019) csapdázására alkalmas az eddigi eredmények szerint. A világoszöld vizuális inger esetleges zavaró hatásainak csökkentése érdekében a feromonkomponens jelöltek vizsgálatához átlátszó felsőrészt használtunk. A felsőrész belső felületét Teflon<sup>®</sup> emulzióval (95% politetrafluor-etilén alapú spray; B'laster Corporation, Cleveland, OH, USA) vontuk be a fogási hatékonyság növelése érdekében (Graham és mtsai 2010; Graham és Poland 2012), valamint egy-egy 1 × 1 cm méretű Vaportape<sup>®</sup> rovarölő csík darabjával (Hercon Environmental Inc., Emigsville, PA, USA) öltük el a fogóedénybe került egvedeket. A feromon kibocsátót az átlátszó varsa felsőrész függőleges lapjára függesztettük úgy, hogy az a tölcsérnyílás közepén lógjon.

**Kísérleti helyszín.** Az 1. szabadföldi kísérletet Mátrafüreden (GPS koordináták: 47,841559N, 19,999626E) egy kocsánytalan tölgyesben (*Quercus petraea* [M.] Liebl.) végeztük 2013. június 5. és július 23. között

(1. kísérlet). A csapdákat véletlenszerű, teljes blokk elrendezésben állítottuk fel 4 blokkban. A csapdákat 10 m-re helyeztük el egymástól és 10 m-en belül a tölgyfa rönkhalmoktól, ahol a sárgafarú darázscincér, a bársonyos darázscincér, a fűrge darázscincér, *Xylotrechus antilope* Schönh (Coleoptera: Cerambycidae) és a feketeenyakú szúfarkas egyedei nagy számban fordultak elő. A csapdákat a talaj szintjén földbe szúrt drótvétkkel rögzítettük. A csapdákat hetente egyszer ellenőriztük, amikor összegyűjtöttük a befogott rovarokat. A csalit minden második héten cseréltük és a fogott cincéregyedekeket Kaszab (1971) kulcsa segítségével határoztuk meg.

#### Második szabadföldi kísérlet

A 2. szabadföldi kísérletben ugyanolyan varsás csapdákat használtunk, de két különböző színű felsőrészsel; átlátszó és világoszöld. Az átlátszó felsőrészt kontrollként használtuk, amikor a világoszöld felsőrész vizuális hatását illatanyag csali nélküli csapdákból teszteltük. A 2. szabadföldi kísérletet ugyanazon a helyszínen végeztük, mint az 1. szabadföldi kísérletet, 2014. június 5. és július 23. között, azonos beállítással és módszerekkel.

#### Statisztika

A csapdafogási adatok statisztikai elemzését R-ben végeztük (R Core Team 2017), és a számadatokat a „dplyr” (Wickham és mtsai 2017) és a „ggplot2” (Wickham 2009) szoftvercsomagok segítségével állítottuk elő. Mivel a transzformált csapdafogási adatok sem feleltek meg a parametrikus tesztek feltételeinek, a nem-paraméteres Kruskal-Wallis tesztet alkalmaztuk (Kruskal és Wallis 1952). Amikor a Kruskal-Wallis teszt szignifikáns különbséget mutatott, páronkénti összehasonlítást végeztünk Wilcoxon tesztet (Zar 1999). Az EAG-adatokat ANOVA segítségével elemeztük, ami után Fisher’s Protected LSD post-hoc tesztet alkalmaztunk az átlagok összehasonlítására (StatView® v4.01 és Super ANOVA® v1.11; Abacus Concepts Inc., Berkeley, CA).

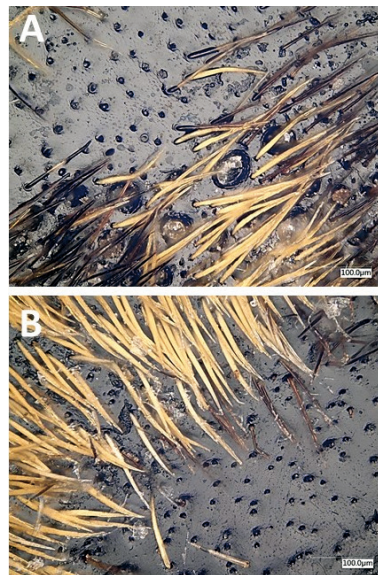
## Eredmények

### *A bogarak napszaki aktivitása*

A sárgafarú darázscincér imágói délelőttől kora délutánig voltak aktívak a területen. A cincérek a napsütéses időszakokban a napsütötte foltokban voltak a legmozgékonyabbak, ahol gyorsan másztak vagy repültek, míg az árnyékos részeken, vagy felhős időben még magas hőmérsékleten (25–35 °C) is viszonylag inaktív maradtak és kevés mozgást végeztek. Ezeket a megfigyeléseket számításhoz vettük az illatanyag-gyűjtés tervezésekor.

### *Ivarspecifikus feromontermelő mirigy pórusai*

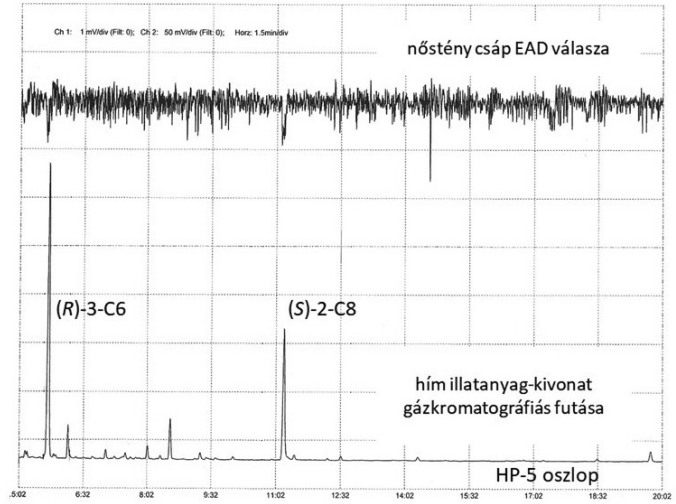
A Cerambycinae alcsalád sok más fajához hasonlóan (Ray és mtsai 2006; Hoshino és mtsai 2015) a hím sárgafarú darázscincér előtorán ivarspecifikus pórusokat találtunk, amelyek a nőstények előtorán nem voltak megfigyelhetők (1. ábra). Az előtöri pórusok hozzávetőleg 40–70 µm átmérőjűek, ovális alakúak, amelyek az alkalmazott nagyításon jól érzékelhetően mély üreggel rendelkeztek.



1. ábra. Hím (A) és nőstény (B) bársonyos darázscincér (*Plagionotus detritus*) előtorának háti felszíne. A hímeknél található ovális alakú pórusok a nőstényeknél hiányoztak (500×-os nagyítás).

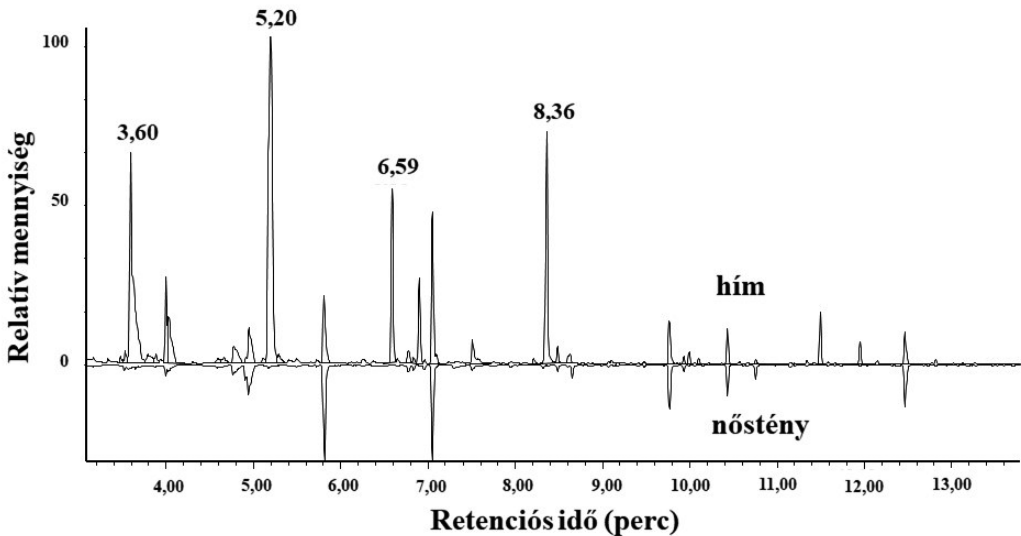
### Rovarak által termelt illatanyagok gyűjtése és elemzése

Az előzetes EAG vizsgálatok azt mutatták, hogy a sárgafarú darázscincér mindkét ivarából származó csápok válaszoltak a hím cincérekkel gyűjtött kivonatokra, míg a nőstényekből származó hasonló kivonatok nem váltottak ki elektrofiziológiai választ. A hímek kivonatainak GC-EAD analízise két csúcsot mutatott, amelyek mindkét ivar csápjából megismételhető választ váltottak ki (2. ábra). A hím sárgafarú darázscincér egyedek kivonatainak a tömegspektrográfiával történő elemzése során a vegyületeket 3-hidroxi-hexán-2-onként és 2-hidroxi-oktán-3-onként azonosítottuk, tömegspektrumuk és retenciós idejük összehasonlítása alapján a két vegyület autentikus standardjaival. Jelentős mennyiségben volt jelen a két hidrox-



2. ábra. Egy nőstény sárgafarú darázscincér (*Plagionotus detritus*) reprezentatív csápválasza a hím által termelt illatanyagokra GC-EAD vizsgálatban. A felső jel a csápválaszt mutatja, míg az alsó a gázkromatográfiás futást. A racém (*R*)-3-hidroxi-hexán-2-onra [(*R*)-3-C6] és (*S*)-2-hidroxi-oktán-3-onra [(*S*)-2-C8] adott retenciós idő szerinti válaszait jelöltük.

keton bomlásterméke, a 2,3-hexándion és a 2,3-oktándion is (3. ábra). A vegyületek átlagosan 46% 3-C6:2-C8 arányban voltak jelen ( $n = 4$ ), de az arányok nagyon változóak voltak,



3. ábra. A hím (felső görbe) és nőstény (alsó, fordított görbe) sárgafarú darázscincér (*Plagionotus detritus*) illatanyag-kivonatainak összehasonlító kromatogramja. A vegyületek azonosítása: retenciós idő 3,60 perc, 2,3-hexándion; 5,20 perc, (*R*)-3-hidroxi-hexán-2-on; 6,59 perc, 2,3-oktándion; 8,36 perc, (*S*)-2-hidroxi-oktán-3-on.



10% és 78% 3-C6 között. Sem 3-C6, sem 2-C8 nem volt jelen a nőstényekből származó kivonatokban. A hímek kivonatainak további elemzése királis állófázisú GC oszlopon kimutatta, hogy a bogarak (R)-3-hidroxi-hexán-2-ont és (S)-2-hidroxi-oktán-3-ont termelnek.

*Szabadföldi kísérletek*

*Első szabadföldi kísérlet.* Mind a sárgafarú darázscincér hímjeit, mind nőstényeit szignifikánsan nagyobb egyedszámban fogták a racém 3-C6 és (S)-2-C8 1:1 arányú kombinációját tartalmazó csapdák az egyik, illetve másik illatanyagot önmagában tartalmazó csapdákhoz vagy a csali nélküli kontrollhoz képest. Önmagukban az egyes illatanyagokkal csalizott csapdák nem fogtak több sárgafarú darázscincér egyedeket, mint a csali nélküli kontroll. Az egyes ivarokat hasonló mennyiségben fogták a csapdák (2. táblázat).

A szabadföldi kísérletek során a bársonyos darázscincér egyedeit is fogtuk. Ezek a fogások azonban nem mutattak egyértelmű tendenciát a különböző kezelések között (4B ábra), és nem volt jelentős különbség az egyes kezelések fogott egyedszámai között.

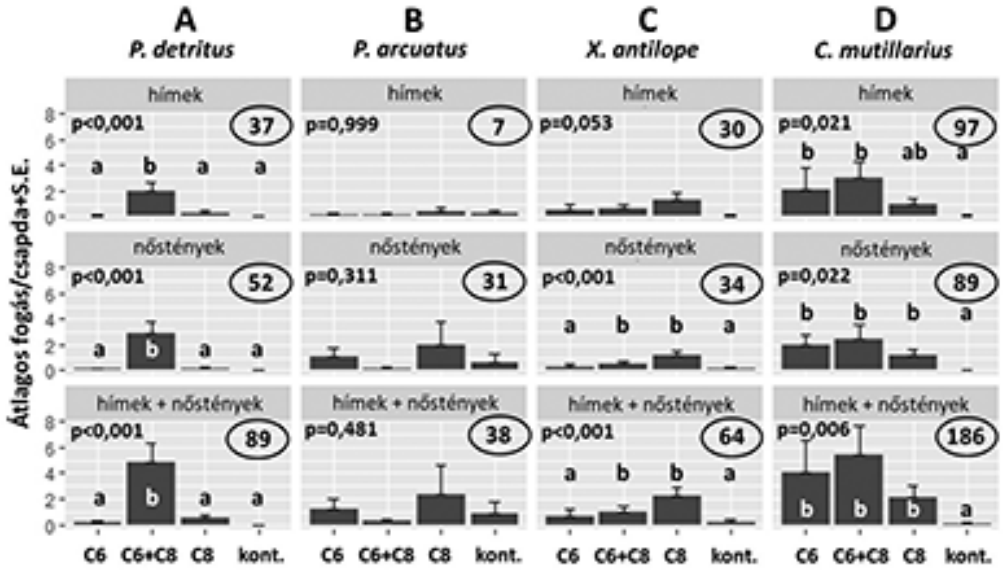
Ezzel szemben a fűge darázscincért szignifikánsan nagyobb egyedszámban csapdáztuk az (S)-2-C8 illatanyagot önmagában vagy a racém 3-C6 és (S)-2-C8 keverékét tartalmazó csapdákban (4C ábra), míg a csak racém 3-C6 illatanyagot tartalmazó csapdák fogása nem különbözött lényegesen a kontrolltól. A két illatanyag kombinációját tartalmazó csapdák fogásai nem különböztek az egyedül (S)-2-C8 illatanyagot tartalmazó csapdáktól a nőstényeknél, illetve a két ivarnál együttesen vizsgálva.

Nagy meglepetésre jelentős egyedszámban fogták a feketenyakú szúfarkas egyedeit az illatanyag csalétket tartalmazó csapdák (4D ábra). A csak racém 3-C6 illatanyagos és

2. táblázat

**Az első szabadföldi kísérletben kapott a Kruskal-Wallis nem-parametrikus tesztek P-értékei, amelyek szignifikanciája esetén (P=0,05) a Wilcoxon tesztek statisztikai elemzését végeztük el. A nem szignifikáns értékeket szürke háttér jelöli. A (±)-3-C6 racém 3-hidroxihexán-2-ont, míg az (S)-2-C8 az (S)-2-hidroxi-oktán-3-on enantiomerjét tartalmazó csalikat jelez, a (±)-3-C6 + (S)-2-C8 pedig a kettő kombinációját jelöli**

Faj	Ivar	Kruskal-Wallis P-érték	(±)-3-c6 versus kontroll	(s)-2-c8 versus kontroll	(s)-2-c8 versus (±)-3-c6	(±)-3-c6+ (s)-2-c8 versus kontroll	(±)-3-c6+ (s)-2-c8 versus (±)-3-c6	(±)-3-c6 +(s)-2-c8 versus (s)-2-c8
<b>Sárgafarú darázscincér, <i>plagionotus detritus</i> l.</b>	hímek	< 0,001	0,349	0,080	0,279	< 0,001	0,002	0,023
	nőstények	< 0,001	0,164	0,164	0,974	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	hímek & nőstények	< 0,001	0,080	0,080	0,890	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>Bársonyos darázscincér, <i>plagiotus arcuatus</i> l.</b>	hímek	0,999						
	nőstények	0,311						
	hímek & nőstények	0,481						
<b>Fűge darázscincér, <i>Xylotrechus antilope</i> schönh.</b>	hímek	0,053						
	nőstények	< 0,001	1,00	< 0,001	0,001	0,025	0,029	0,177
	hímek & nőstények	< 0,001	1,00	< 0,001	0,001	0,024	0,029	0,130
<b>Feketenyakú szúfarkas, <i>Clerus mutillarius</i> f.</b>	hímek	0,021	0,032	0,136	0,613	0,002	0,294	0,111
	nőstények	0,022	0,002	0,009	0,588	0,009	0,693	0,828
	hímek & nőstények	0,006	0,002	0,013	0,628	0,001	0,784	0,300



4. ábra. A sárgafarú darázscincér (*Plagionotus detritus*) (A), a bársonyos darázscincér (*Plagionotus arcuatus*) (B), a fűge darázscincér (*Xylotrechus antilope*) (C) és a feketenyakú szúfarkas (*Clerus mutillarius*) (D) hím és nőstény példányainak átlagos fogása (+S.E.) racém 3-hidroxi-hexán-2-ont (C6), (S)-2-hidroxi-oktán-3-ont (C8) és a két vegyület kombinációját tartalmazó kibocsátókkal ellátott csapdákból, illetve a csali nélküli kontroll csapdákból. A diagramon belül azonos betűvel rendelkező oszlopok nem különböznek szignifikánsan ( $P=0,05$ ) Kruskal-Wallis teszt után kezeléspáronként elvégzett Wilcoxon nem-parametrikus teszt alapján. A diagramok bal felső sarkában lévő P értékek a Kruskal-Wallis teszt eredményeit mutatják ( $P = 0,05$ ). Az egyes diagramok jobb felső sarkában lévő ovális keretben szereplő számok a fogott bogarak teljes számát jelzik.

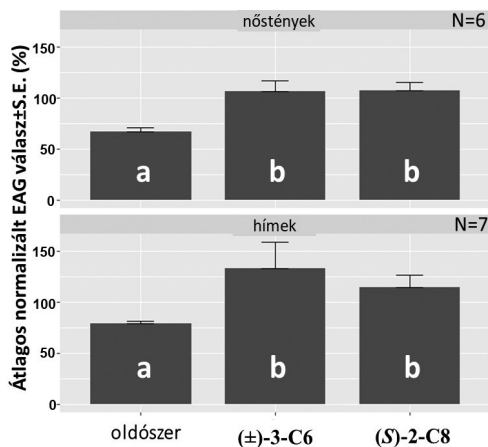
a két illatanyag kombinációját tartalmazó csapdák nagyobb számú hímeket fogtak, mint a kontroll. Mindhárom illatanyagot több nőstényt, valamint hím és nőstény egyedet fogott együttesen, mint a csali nélküli kontroll.

**Második szabadföldi teszt.** A lucernacincér rokon fajt jól fogó világoszöld csapdák nem fogták a sárgafarú darázscincérből a faj hét hetes rajzási ideje alatt, amikor a bogarak szabad szemmel is könnyen megfigyelhetően, nagy számban fordultak elő a kísérleti területen. Ebben az időszakban mindössze az élőhely atipikus fájának, a lucernacincérnek négy példány került a világoszöld csapdába, míg az átlátszó csapdákból nem volt cincérfogás. Ezen túlmenően a csapdák egyike sem mutatott arra utaló jelet, hogy csalogató lenne a bársonyos darázscincér, a feketenyakú szúfarkas vagy a fűge darázscincér számára, amelyek szintén jelentős egyedszámban voltak jelen a kísérlet folyamán.

**Feketenyakú darázscincér EAG.** Mind a racém 3-C6, mind az (S)-2-C8 100 nanogrammos dózisa felhasználásával készült stimulusok szignifikánsan nagyobb választ váltottak ki mind a hím, mind a nőstény feketenyakú szúfarkas csápjaiból, mint az oldószeres kontroll, amikor a bogarak csápjaira pumpáltuk az illatanyagokat (5. ábra).

### Következtetések, eredmények megvitatása

A Clytini tribusból több cincérfaj, köztük a sárgafarú darázscincér, a bársonyos darázscincér és a fűge darázscincér fajok, szimpatrikusan fordulnak elő a magyarországi Mátra hegység tölgeseiben az elmúlt évtizedben végzett megfigyeléseink alapján. Rajzási időszakuk átfed egymással, és a bogarak aggregációja figyelhető meg a napsütötte élő fatörzseken és kidöntött fák rönkhalmain (Kaszab 1971). A ragadozó életmódú feketenyakú szúfarkas szintén



5. ábra. A feketenyakú szűzfarkas, *Clerus mutillarius* normalizált elektroantennogram (EAG) válaszai a 100 ng dózisu racém 3-hidroxi-hexán-2-on [(±)-3-C6] és (S)-2-hidroxi-oktán-3-on [(S)-2-C8] illatanyagokra illetve a csak oldószert (izopropanol) tartalmazó kontrollra 7 hím és 6 nőstény válaszainak az átlagként kifejezve. Az ugyanazon betűt követő átlagok nem különböznek szignifikánsan az ANOVA után elvégzett a Fisher's Protected LSD post-hoc teszt szerint ( $P < 0,05$ ). A válaszokat a (Z)-3-hexenol (=100%) válaszára normalizáltuk.

nagy számban fordul elő ebben az időszakban, ugyanazon az élőhelyen, ahol jellemzően szűzbogarakat és más rovarfajokat zsákmányol (Kaszab 1955).

Amint azt a Cerambycinae alcsaládba tartozó egyéb cincérekkel végzett korábbi tanulmányok valószínűvé tették (Ray és mtsai 2006; Hoshino és mtsai 2015), a hím sárgafarú darázscincér előtorán az ivar-specifikus pórusok jelenléte (1. ábra) azt jelzi, hogy valószínűleg ezeken keresztül bocsátják ki a hím-specifikus feromonkomponenseket. Korábban analóg pórusokat figyeltek meg a bársonyos darázscincér rokon fajnál (Ray és mtsai 2006; Imrei és mtsai 2019), ahol a közelmúltban a hímek által termelt aggregációs feromont azonosították (Imrei és mtsai 2019).

A sárgafarú darázscincér mindkét ivarából származó illatanyag kivonatok GC-EAD és GC-MS módszerekkel végzett elemzése arra utalt, hogy az (R)-3-C6 és az (S)-2-C8 illatanyagok a faj hímjei által termelt feromon főkomponensei lehetnek, amit a szabadföldi kísérletek

is alátámasztottak. A két vegyület kombinációja mind a hímeket, mind a nőstényeket csalogatta, ami azt jelzi, hogy az (R)-3-C6 és az (S)-2-C8 aggregációs feromonkomponensek, hasonlóan a Cerambycinae alcsalád sok fajában leírt fajok kommunikációs stratégiájához (Millar és Hanks 2017). A magyarországi sárgafarú darázscincér populáción végzett kísérleteink megerősítik Molander és mtsai (2019b) korábbi közlését, akik ugyanezt a két vegyületet írták le egy svéd populációból. Svédországban a 3-C6 és a 2-C8 vegyületek aránya 100:16 és 100:52 (3-C6:2-C8) között mozgott, míg a jelen vizsgálatban több kivonatból vett összetett mintában talált arány 100:47 (3-C6:2-C8) volt, ami azt jelzi, hogy a két földrajzilag elkülönülő populáció hasonló arányban termeli az azonosított feromonkomponenseket. Mindazonáltal meg kell említeni, hogy a kombináció két komponensének az egymáshoz viszonyított arányát, ami a bogarak hatékonyabb csalogatását eredményezheti, egyik populációra sem optimalizáltuk.

Míg a Molander és mtsai (2019b) által használt 5:1 arányú 3-C6:2-C8 kombináció és a jelen vizsgálatban alkalmazott 1:1 arány szignifikánsan csalogató hatásának bizonyult, addig az egyes vegyületek nem mutattak csalogató hatást a sárgafarú darázscincér egyik populációja esetében sem. Ezenkívül még nem vizsgálták más lehetséges csalogató ingerek, például a tápnövény illatanyagainak vagy az esetleges vizuális ingereknek a fogásnövelő hatását. A darázscincérek gyülekezése a tápnövény fajok rönkjein arra utalnak, hogy ezek az ingerek erőteljesebbé tehetik a csalogatást és ezen keresztül csapdázáskor a fogásokat is.

Az elmúlt időszakban számos tanulmány készült arról, hogy a sárgafarú darázscincér egyedeket csalogatják az adott élőhelyen előforduló és minél szélesebb cincér fajspektrum csalogatását célzó csalogatóanyag kombinációk, amelyek számos ismert feromonkomponens keverékéből állnak. Például szabadföldi kísérletekben a sárgafarú darázscincér imágóit csalogatták az egyik feromonkomponensét, a 3-C6-ot és a másik feromonkomponens, a 3-hidroxi-oktán-2-on izomerjét tartalmazó csa-

lik (Rassati és mtsai 2018; Flaherty és mtsai 2019; Rassati és mtsai 2020). Az izomerben a hidroxil és karbonil funkciós csoportok fordítottak a 2-C8 csoportokhoz képest. Ez arra utal, hogy a 6 és 8 szénatomos hidroxil-ke-tonok egyaránt szükségesek a sárgafarú darázscincér csalogatásához, de a hidroxil- és karbonil funkciós csoportok relatív helyzete (azaz 2,3 vagy 3,2) kevésbé kritikus (Rassati és mtsai 2020). Az is lehetséges, hogy terepi körülmények között a 3-hidroxi-oktán-2-on izomerizálódik 2-hidroxi-oktán-3-onná, mivel ismert, hogy ezek az alfa-hidroxi-ke-ton vegyületek könnyen átalakulnak egymásba [pl. Sakai és mtsai (1984)]. Alternatívaként a guilden belüli lehallgatás lehetősége merül fel, amely lehetővé teszi a sárgafarú darázscincér számára, hogy más cincérfajok feromonkomponenseit észlelje, ami szintén megmagyarázhatja a 3-hidroxi-oktán-2-on régióizomerje használatával elért váratlan fogásokat.

A szabadföldi kísérleteink során a bársonyos darázscincér egyedeit szintén csapdáztuk, amely Európa legtöbb részén gyakori szaproxil bogárfaj (Csóka és Kovács 1999; Jeniš 2001; Ehnström és Holmer 2007; Keszthelyi 2015; Klausnitzer és mtsai 2016). Elsődleges tápnövényei a különböző tölgyfajok (*Quercus* spp.), amelyek nemrég elpusztult vagy kivágott ágainak és törzsének a fájában, a kérge alatt fejlődnek a lárvák (Bíly és Mehl 1989). A bársonyos darázscincér alkalmi kártevő státuszú, mivel a szabadban tárolt, frissen kidöntött tölgyfák rönkjeit károsíthatja (Ehnström és Axelsson 2002; Keszthelyi és mtsai 2017). A bársonyos darázscincér fogások nem mutatnak egyértelmű tendenciát (*4B ábra*), noha a racém 3-C6 illatanyagot teszteltük a kísérleteinkben, amelynek az egyik téniszomere az (*R*)-3-hidroxi-hexán-2-on, a bársonyos darázscincér fő feromonkomponense (Imrei és mtsai 2019). Eredményeink egybevágnak a svéd és magyar szabadföldi vizsgálatokkal (Imrei és mtsai 2019), amelyek azt mutatták, hogy a 3-C6 komponens önmagában nem volt elegendő a faj csalogatásához, és ennek az illatanyagnak a kombinációja szükséges a kisebb komponensekkel, azaz a 3-hidroxi-oktán-2-on

és 3-hidroxi-dekán-2-on felhasználásával a csalogatás eléréséhez. Ez összhangban van a jelen tanulmányban látható csalogatás hiányával.

A Cerambycinae alcsaládba tartozó másik cincérfajt, a fűrge darázscincért szintén jelentős számban fogtuk a vizsgálatok során. Ez a faj Európától a Transzkaukázusig, Észak-Irá-nig, Kis-Ázsiáig és Észak-Afrikáig fordul elő (Kaszab 1971). Magyarországon jellemzően 400-800 m tengerszint feletti magasságban található. A lárvák kizárólag a tölgyek vastag ágaiban fejlődnek, és jellemzően holt fában és kivágott rönkökben fordulnak elő (Kaszab 1971). Észak-Európa egyes részein a fűrge darázscincér ritka, a Természetvédelmi Világszövetség (IUCN) veszélyeztetett fajokat tartalmazó vörös listáján szerepel, mivel a populációi erősen széttöredezettek a fakitermelés miatt (Nieto és mtsai 2010; Molander és mtsai 2019a).

A jelen tanulmányban a fűrge darázscincért a 2-C8 egyetlen komponensként csalogatta, megerősítve a korábbi eredményeket (Molander és mtsai 2019a), ahol a 2-C8 *S*-enantiomerjét azonosították feromonja fő és valószínűleg egyetlen komponensként. Számos cincérfaj, különösen a *Xylotrechus* génusz hímjei esetében ismert, hogy 2-C8 illatanyagot termelnek, de ehhez hasonlóan a sárgafarú darázscincér rokonfajának, a *Plagionotus christophi* darázscincérnek a hímjei is termelik ezt az illatanyagot (Schröder 1996; Iwabuchi 1999).

A fűrge darázscincér esetében is ismert, hogy más cincérfajok feromon keverékei csalogatóak rá, így például csalogatta a 3-hidroxi-hexán-2-on, 3-hidroxi-oktán-2-on és a *syn*-2,3-hexándiol keveréke etanollal kombinálva (Rassati és mtsai 2018; Rassati és mtsai 2020). Azonban a 3-hidroxi-oktán-2-ont egyetlen komponensként alkalmazva nem figyeltek meg csalogatást, noha ennél az illatanyagnál a hidroxil- és karbonilcsoportok felcserélésével az ismert feromonkomponenséhez, a 2-hidroxi-oktán-3-onhoz jutunk (Rassati és mtsai 2020). Így arra is gondolhatunk, hogy a más fajok feromonkeverékeire adott válasz inkább a meg-egező guildhez tartozó fajok kommunikációjának a lehallgatásának tudható be, nem pedig

a saját feromonos kommunikáció hangolásának a kiszélesedéséhez. Más fajok fajon belüli kommunikációjának a kiaknázása jellemző, mint például a stresszhelyzetben lévő tápnövények jelzéseivel (pl. etanol) kombinálva, a lárvá kifejlődéséhez megfelelő tápnövény lokalizálását segítheti szűkös, nehezen megtalálható tápnövény források esetén, mint például a kidőlt fák felkutatásánál.

A ragadozó életmódú feketenyakú szúfarkas imágói gyakoriak az idős lombos fák kérgén és a talajon főként tölgy és bükkerdőkben (Kovács és mtsai 2017; Varli és mtsai 2020) Közép- és Dél-Európában, valamint Észak-Afrikában (Schmidt 2007; Cavaletto és mtsai 2020b). A feketenyakú szúfarkast a szúbogarak ragadozójaként tartják számon (Cebeci és Baydemir 2018), de a szakirodalomban nem áll rendelkezésre kísérleti adat a zsákmányköréről.

A jelen vizsgálatban mind a racém 3-C6, mind az (S)-2-C8 illatanyagok csalogatták a feketenyakú szúfarkas imágóit. Ezenkívül EAG vizsgálatok kimutatták, hogy mindkét ivar képes érzékelni ezeket a vegyületeket biológiailag releváns mennyiségben. Az eredményeinkből arra következtethetünk, hogy a két tipikus cincér feromonkomponens kairomonként működhet a feketenyakú szúfarkas kommunikációjában, segítve a zsákmány közvetlen vagy közvetett felkutatását azáltal, hogy a szúfarkast olyan élőhelyekre csalogatja, ahol zsákmányt talál, a cincérek tojásait és lárváit is beleértve. Ez utóbbi lehetőség tűnik valószínűbbnek, mert a terepmunkánk során annak ellenére, hogy a sárgafarú darázscincér és a feketenyakú szúfarkas bogarak egyedeit nagy számban figyeltük meg ugyanazon rönkökön, nem észleltünk olyan esetet, amikor egy szúfarkas kifejlett cincért támadott volna meg. Ismert, hogy a feketenyakú szúfarkas lárvái szúbogár lárvákkal táplálkoznak, illetve a feketenyakú szúfarkas imágók pedig a szúbogár imágók ragadozói (Merkl és Vig 2009). Egy másik szúfarkas, az *Opilo domesticus* Sturm (Coleoptera: Cleridae) esetében ismert, hogy a házicincér, *Hylotrupes bajulus* L. (Coleoptera: Cerambycidae) lárváival táplálkozik (Merkl és Vig 2009).

Korábban már beszámoltak arról, hogy a szúfarkasokat a cincérek által kibocsátott illatanyagok csalogatták. Például Észak-Amerikában az etanollal és *syn*-2,3-hexándiollal csalival ellátott csapdák az etanol jelenlététől függetlenül csalogatták a *Chariessa pilosa* szúfarkas fajt (Forster) (Coleoptera: Cleridae) (Miller és mtsai 2015). Lehetséges, hogy ez a szúfarkas faj a cincérek kommunikációs csatornáit használja a zsákmánya felkutatására vagy a lárvái számára alkalmas élőhelyek azonosítására. Összességében nem ritka, hogy a szúfarkasok a zsákmányuk feromonkomponenseit kairomonként használják fel. Így például a *Thanasimus formicarius* (L.) (Coleoptera: Cleridae) a racém ipsdienolra és ipsenolra, és kisebb mértékben a (S)-cisz-verbenolra ad csalogató viselkedési választ (Bakke és Kvamme 1981). Mindhárom illatanyag több, az *Ips* genusba (Coleoptera: Curculionidae) tartozó szúbogár feromonkomponense, amelyek a szúfarkasok tipikus zsákmányállatai.

*A csapdázási módszerek további optimalizálása a hatékonyabb monitorozási eszköz fejlesztése érdekében.* A sárgafarú darázscincér feromon alapú csapdázásának hatékonysága számos lehetséges módon javítható lehet, ideértve a csalogató feromonkeverék optimalizálását, a tápnövény illatanyag ingereinek a beépítését a csalikba, valamint a különböző csapdaszínek és csapda elhelyezési magasságok tesztelését. Például nemrégiben kimutatták, hogy mind a sárgafarú darázscincér, mind a fűrgő darázscincér hatékonyabban csapdázható 4–15 m magasságban kihelyezett csapdákkal, mint 1,5 m magasságban a talajszinthez közel (Rassati és mtsai 2018). Szabadföldi vizsgálatainkat talajszinten, napfényes, nyílt területen, a tápnövény rönkje közelében végeztük, ahol mindkét cincérfaj nagy számban volt megfigyelhető napsütötte napokon. Kihasnáltuk, hogy csapdáinkat a napsütötte rönkhalmok közelében helyeztük el, ahol a guild fajai, köztük a célfaj láthatóan összegyűltek, feltételezhetően legalább részben a frissen vágott rönkök által kibocsátott illatbucskának köszönhetően. Meg kell jegyezzük, hogy kihívást jelent friss rönkhalmokat találni, mivel nagy gazdasági értéket képviselnek, így gyorsan elszállítják az erdőből az őrzött fűrésztelepekre.

A publikált tanulmányok szerint a lila színű 12 tölcéses Lindgren csapdák valamivel jobbák a sárgafarú darázscincér csapdázására, mint a zöld csapdák (Rassati és mtsai 2018; Cavaletto és mtsai 2020a). Nem-viráglátogatóként a sárgafarú darázscincér akromatikus vizuális csatornát használhat, ami megmagyarázhatja, hogy miért eredményesebb egy sötét színű csapda a rajzáskövetésére. Rassati és mtsai (2018) szerint a feketenyakú szűfarkas szignifikánsan nagyobb számban került a vörös és barna csapdába, mint a feketébe, de a fekete csapdák több egyedet fogtak, mint a sárga, a zöld vagy a szürke csapdák (Cavaletto és mtsai 2020b). A jelen vizsgálat során végzett második szabadföldi kísérletünk során nem láttunk bizonyítékot arra, hogy a vizsgált fajok közül bármelyiket is csalogatták volna a csali nélküli világoszöld csapdák, amelyekről korábban kimutatták, hogy csalogatják a lucernacincért (Imrei és mtsai 2014), a közeli rokon, ám viráglátogató fajt. Az, hogy a sárgafarú darázscincér, a bársonyos darázscincér és a fűrge darázscincér nem reagált ezekre a csapdákra, arra utalhat, hogy ezek a fajok nem használják a virágokat elsődleges táplálékforrásként. Annak ellenére, hogy a fűrge darázscincér nem viráglátogató faj, Cavaletto és mtsai (2020a) szerint erősen csalogatja bizonyos árnyalatú sárga szín, ami szerintük a bogár szárnyfedőjén a sárga csíkokhoz kapcsolódóan a párkereséshez köthető.

Az ebben a tanulmányban leírt három szimpatikus cincérfaj átfedő rajzási időszakal rendelkezik, ami lehetővé teszi a keresztbecsalogatást, amennyiben érzékelni képesek az egymás által termelt feromonkomponenseket. Közelebről megvizsgálva azonban néhány mechanizmus sejthető, amely a keresztbecsalogatást akadályozza. Például a sárgafarú darázscincérnek a 3-C6-ra és a 2-C8 illatanyagot is érzékelnie kell ahhoz, hogy a csalogatásra válaszoljon, így önmagában a 2-C8, a fűrge darázscincér feromonja nem vált ki nála keresztbecsalogatást. Ezzel szemben a bársonyos darázscincér háromkomponensű feromonkeverékéből a 2-C8 hiányzik a sárgafarú darázscincér viselkedési válaszában a kiváltására. Hasonlóképpen, a bársonyos darázscincér

háromkomponensű keverékre a 3-C6 illatanyag mellett a 3-hidroxi-oktán-2-on és a 3-hidroxi-dekan-2-on homológokból áll, amelyek közül a 3-C6 mellett a tíz szénatomos homológ feltétlen szükséges a csalogató viselkedés kiváltásához. Harmadszor, a fűrge darázscincért nem csalogatja a bársonyos darázscincér, amely nem termel 2-C8 illatanyagot, továbbá a 4C *áb*ra szerint a fűrge darázscincér csalogatását valószínűleg gátolhatja a 3-C6, a sárgafarú darázscincér feromon egyik komponense.

### Következtetések

Összefoglalva, adataink megerősítették, hogy az (R)-3-C6 és (S)-2-C8 a sárgafarú darázscincér hímek által termelt aggregációs feromonkomponensei, és hogy az (S)-2-C8 a fűrge darázscincér feromonkomponense. A ragadozó feketenyakú szűfarkas imágóit mindkét illatanyag csalogatta. Az eredményeink arra utalnak, hogy mind az intraspecifikus, mind az interspecifikus kommunikáció kulcsszerepet játszhat az erdei rovarközösségek ökológiájában, ahol a közeli és távolabbi rokon bogárfajok lehallgathatják egymás kémiai kommunikációs jelzéseit.

### Köszönetnyilvánítás

Ezt a munkát részben az Innovációs és Technológiai Minisztérium finanszírozta a Tematikus Kiválósági Program 2020 – Intézményi Kiválóság Alprogram (TKP2020-IKA-12) növénynevelési és növényvédelmi kutatások keretében. JGM és LMH hálásan köszönetet mond az Egyesült Államok Mezőgazdasági Minisztériumának Nemzeti Kutatási Kezdeményezése, az Egyesült Államok Mezőgazdasági Minisztériumának Kutatási és Oktatási Szolgálatának, a 2009-35302-05047 számú ösztöndíjért és az Egyesült Államok Mezőgazdasági Minisztériumának, az Állat- és Növényegészségügyi Felügyeleti Szolgálatnak (10-12-8100-1422-CA). Csóka György közreműködését az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott TKP2021-NKTA-43 számú projekt finanszírozta.

## IRODALOM

- Bakke, A. and Kvamme, T.** (1981): Kairomone response in *Thanasimus* predators to pheromone components of *Ips typographus*. *Journal of Chemical Ecology*, 7:305–312.
- Bilý, S. and Mehl, O.** (1989): Longhorn beetles (Coleoptera, Cerambycidae) of Fennoscandia and Denmark vol 22. *Fauna Entomologica Scandinavica*. EJ Brill/Scandinavian Science Press Ltd., Leiden.
- Brodie, B. S., Popescu, V. D., Iosif, R., Ciocanea, C., Manolache, S., Vanau, G., Gavriliadis, A. A., Serafim, R. and Rozyłowicz, L.** (2019): Non-lethal monitoring of longicorn beetle communities using generic pheromone lures and occupancy models. *Ecological Indicators*, 101:330–340.
- Cavaletto, G., Faccoli, M., Marini, L., Spaethe, J., Giannone, F., Moino, S. and Rassati, D.** (2020a): Exploiting trap color to improve surveys of longhorn beetles. *Journal of Pest Science*, 94:871–883.
- Cavaletto, G., Faccoli, M., Marini, L., Spaethe, J., Magnani, G. and Rassati, D.** (2020b): Effect of trap color on captures of bark-and wood-boring beetles (Coleoptera; Buprestidae and Scolytinae) and associated predators. *Insects*, 11:749.
- Cebeci, H. H. and Baydemir, M.** (2018): Predators of bark beetles (Coleoptera) in the Balıkesir region of Turkey. *Revista Colombiana De Entomologia*, 44:283–287.
- Corey, E. J. and Schmidt, G.** (1979): Useful procedures for the oxidation of alcohols involving pyridinium dichromate in aprotic media. *Tetrahedron Letters*, 20:399–402.
- Csóka, G. és Kovács, T.** (1999): Xilofág rovarok- Xylophagous insects. *Agroinform*, Budapest.
- Danilevsky, M. L.** (ed.) (2020): *Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Volume 6/1: Chrysomeloidea I (Vesperidae, Disteniidae, Cerambycidae)*. Updated and Revised Second Edition vol 6. vol 1. Brill, Leiden (The Netherlands)
- Dovhaniuk, I. Y. and Zamoroka, A. M.** (2020): The longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) of National Park «Kremenetski Hory». *Proceedings of the State Natural History Museum*, 36:129–140.
- Ehnström, B. and Axelsson, R.** (2002): *Insektsnag i bark och ved*. Swedish Species Information Centre, Uppsala.
- Ehnström, B. and Holmer, M.** (2007): *Skalbaggar: Långhorningar*. Coleoptera: Cerambycidae. Swedish Species Information Centre, Uppsala.
- Flaherty, L., Gutowski, J. M. G., Hughes, C., Mayo, P., Mokrzycki, T., Pohl, G., Silk, P., Van Rooyen, K. and Sweeney, J.** (2019): Pheromone-enhanced lure blends and multiple trap heights improve detection of bark and wood-boring beetles potentially moved in solid wood packaging. *Journal of Pest Science*, 92:309–325.
- Graham, E., Mitchell, R., Reagel, P., Barbour, J., Millar, J. and Hanks, L.** (2010): Treating panel traps with a fluoropolymer enhances their efficiency in capturing cerambycid beetles. *Journal of Economic Entomology*, 103:641–647.
- Graham, E. E. and Poland, T. M.** (2012): Efficacy of fluon conditioning for capturing cerambycid beetles in different trap designs and persistence on panel traps over time. *Journal of Economic Entomology*, 105:395–401.
- Hall, D. R., Cork, A., Phythian, S. J., Chittamuru, S., Jayarama, B. K., Venkatesha, M. G., Sreedharan, K., Vinod Kumar, P. K., Seetharama, H. G. and Naidu, R.** (2006): Identification of components of male-produced pheromone of coffee white stem borer, *Xylotrechus quadripes*. *J Chem Ecol*, 32:195–219.
- Hoshino, K., Nakaba, S., Inoue, H. and Iwabuchi, K.** (2015): Structure and development of male pheromone gland of longicorn beetles and its phylogenetic relationships within the tribe Clytini. *Journal of Experimental Zoology (Molecular Development and Evolution)*, 324B:68–76.
- Imrei, Z., Domingue, M. J., Lohonyai, Z., Moreira, J. A., Bálintné Csonka, É., Fail, J., Csóka, G., Hanks, L. M., Tóth, M. and 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.
- Imrei, Z., Kovács, Z., Tshova, T. B., Subchev, M., Harmincz, K., Szarukán, I., Domingue, M. J. and 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.
- Imrei, Z., Millar, J. G., Janik, G. and Tóth, M.** (2012): Field screening of known pheromone components of longhorned beetles in the subfamily Cerambycinae (Coleoptera: Cerambycidae) in Hungary. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 68:236–242.
- 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. and 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.
- Imrei, Z., Tóth, M., Tolasch, T. and Francke, W.** (2002): 1,4-Benzoquinone attracts males of *Rhizotrogus vernus* Germ. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 57: 177–181.
- Iwabuchi, K.** (1999): Sex pheromones in Cerambycidae. In: Hidaka T, Matsumoto Y, Honda K, al. e (eds) *Environmental entomology–behavior, physiology*

- and chemical ecology. University of Tokyo Press, Tokyo, pp 436–451.
- Jeniš, I.** (2001): Long-horned beetles Vesperidae & Cerambycidae of Europe 1. Ateliér Regulus, Prague.
- Kaszab, Z.** (1955): Különböző csápú bogarak Diversicornia I. Lágytestű bogarak Malacodermata vol 8. Magyarország Állatvilága - Fauna Hungariae. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Kaszab, Z.** (1971): Cincérek – Cerambycidae. vol 106. Fauna Hungariae. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Keszthelyi, S.** (2015): Diversity and seasonal patterns of longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in the Zselic region, Hungary. North-Western Journal of Zoology, 11:62–69.
- Keszthelyi, S., Pónya, Z.** and **Pál-Fám, F.** (2017): Climate-induced seasonal activity and flight period of cerambycid beetles in the Zselic forests, Hungary. Journal of Forest Science, 63:503–510.
- Klausnitzer, B., Klausnitzer, U., Wachmann, E.** and **Hromádka, Z.** (2016): Die Bockkäfer Mitteleuropas. Die Neue Brehm-Bücherei, Magdeburg.
- Konwerski, S., Gutowski, J. M.** and **Bloszyk, J.** (2020): Patterns of distribution of phoretic deutonymphs of Uropodina on longhorn beetles in Bialowie(z) over dota primeval forest, Central Europe. Diversity-Basel, 12:14.
- Kovács, T., Bátor, G., Huber, A.** and **Urbán, L.** (2017): Ritka és természetvédelmi szempontból jelentős bogarak (Coleoptera) a Bükk, az Aggteleki-karszt és a Putnoki-dombság környékéről. Folia Historico-Naturalia Musei Matraensis, 41:167–180.
- Kruskal, W. H.** and **Wallis, W. A.** (1952): Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association, 47:583–621.
- Lacey, E. S., Moreira, J. A., Millar, J. G., Ray, A. M.** and **Hanks, L. M.** (2007): Male-produced aggregation pheromone of the cerambycid beetle *Neoclytus mucronatus* (Coleoptera: Cerambycidae). Entomologia Experimentalis Et Applicata, 122:171–179.
- Larsson, M. C.** (2016): Pheromones and Other Semiochemicals for Monitoring Rare and Endangered Species. Journal of Chemical Ecology, 42:853–868.
- Merkli, O.** és **Vig, K.** (2009): Bogarak a pannon régióban. B. K. L. Kiadó, Magyar Természettudományi Múzeum, Szombathely.
- Millar, J. G.** and **Hanks, L. M.** (2017): Chemical ecology of cerambycids. In: Wang Q (ed) Cerambycidae of the world: Biology and pest management. CRC Press/Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp 161–208.
- Miller, D. R., Crowe, C. M., Mayo, P. D., Silk, P. J.** and **Sweeney, J. D.** (2015): Responses of Cerambycidae and other insects to traps baited with ethanol, 2,3-hexanediol, and 3,2-hydroxyketone lures in North-Central Georgia. Journal of Economic Entomology, 108:2354–2365.
- Molander, M. A., Eriksson, B., Winde, I. B., Zou, Y. F., Millar, J. G.** and **Larsson, M. C.** (2019a): The aggregation-sex pheromones of the cerambycid beetles *Anaglyptus mysticus* and *Xylotrechus antilope* ssp. *antilope*: new model species for insect conservation through pheromone-based monitoring. Chemecology, 29:111–124.
- Molander, M. A., Helgesson, J., Winde, I. B., Millar, J. G.** and **Larsson, M. C.** (2019b): The male-produced aggregation-sex pheromone of the cerambycid beetle *Plagionotus detritus* ssp. *detritus*. Journal of Chemical Ecology, 45(1):28–36.
- Nieto, A., Dodelin, B., Campanaro, A., Mannerkoski, I., Tezcan, S., Horák, J., Istrate, P., Alexander, K.** and **Méndez, M.** (2010): *Xylotrechus antilope*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010. <https://www.iucnredlist.org/species/157809/5150727>. Accessed 23 April 2021
- R Core Team** (2017): R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Rassati, D., Marchioro, M., Flaherty, L., Poloni, R., Edwards, S., Faccoli, M.** and **Sweeney, J.** (2020): Response of native and exotic longhorn beetles to common pheromone components provides partial support for the pheromone-free space hypothesis. Insect Science:18.
- Rassati, D., Marini, L., Marchioro, M., Rapuzzi, P., Magnani, G., Poloni, R., Di Giovanni, F., Mayo, P.** and **Sweeney, J.** (2018): Developing trapping protocols for wood-boring beetles associated with broadleaf trees. Journal of Pest Science, 92:267–279.
- Ray, A. M., Lacey, E. S.** and **Hanks, L. M.** (2006): Predicted taxonomic patterns in pheromone production by longhorned beetles. Naturwissenschaften, 93:543–550.
- Ruchin, A. B.** and **Egorov, L. V.** (2018): Fauna of longicorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) of Mordovia. Russian Entomological Journal, 27:161–177.
- Sakai, T., Nakagawa, Y., Takahashi, J., Iwabuchi, K.** and **Lshii, A.** (1984): Isolation and identification of the male sex pheromone of the grape borer *Xylotrechus pyrrhoderus* Bates (Coleoptera: Cerambycidae). Chemistry Letters, 13:263–264.
- Schmera, D., Tóth, M., Subchev, M., Sredkov, I., Szarukan, I., Jermy, T.** and **Szentesi, A.** (2004): Importance of visual and chemical cues in the development of an attractant trap for *Epicometis* (Tropinota) *hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae). Crop Protection, 23:939–944.
- Schmidt, U.** (2007): Beetles of the World. 2020, [www.kaefer-der-welt.de/clerus\\_mutillarius.htm](http://www.kaefer-der-welt.de/clerus_mutillarius.htm)
- 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., Schmid, J., Thorn, S.** and **Muller, J.** (2015): Association of extinction risk of saproxylic beetles with ecological degradation of forests in Europe. Conservation Biology, 29:382–390.



- Toshova, T. B., Atanasova, D. I., Tóth, M. and Subchev, M. A.** (2010): Seasonal activity of *Plagionotus* (*Echinocerus*) *floralis* (Pallas) (Coleoptera: Cerambycidae, Cerambycinae) adults in Bulgaria established by attractant baited fluorescent yellow funnel traps. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 45:391–399.
- Varli, S. V., Surgut, H., Tuven, A. and Jansson, N.** (2020): Faunistic studies on Carabidae, Staphylinidae, Elateridae, Cleridae, Cerambycidae and Chrysomelidae (Coleoptera) families of Cataldag (Balikesir-Susurluk) Province, Western Turkey. *Ksu Tarim Ve Doga Dergisi-Ksu Journal of Agriculture and Nature*, 23:740–747.
- Wickham, H.** (2009): *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag, New York.
- Wickham, H., Francois, R., Henry, L. and Müller, K.** (2017): *dplyr: A grammar of data manipulation*. R package version 0.7.4. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.
- Zamoroka, A. M.** (2018): The longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) of the Eastern Carpathian Mountains in Ukraine. *Munis Entomology & Zoology*, 13:655–691.
- Zar, J. H.** (1999): *Biostatistical Analysis*. 4th ed. edn. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

INTRASPECIFIC COMMUNICATION OF *PLAGIONOTUS DETRITUS* (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE), AND ATTRACTION OF CONSPECIFICS, COMPETITORS, AND NATURAL ENEMIES TO THE PHEROMONE BLEND

Z. Imrei<sup>1,\*</sup>, M. J. Domingue<sup>2</sup>, Zs. Lohonyai<sup>1,3</sup>, J. A. Moreira<sup>4</sup>, É. Bálintné Csonka<sup>1</sup>, J. Fail<sup>5</sup>, Gy. Csóka<sup>5</sup>, L. M. Hanks<sup>6</sup>, M. Tóth<sup>1</sup> and J. G. Millar<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Plant Protection Institute, Agricultural Research Centre, ELKH, H-1022 Budapest, Hungary;

<sup>2</sup>Department of Entomology, Kansas State University, 123 W. Waters Hall, Manhattan KS 66506, USA

<sup>3</sup>Department of Entomology, Institute of Plant Protection, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, H-1118 Budapest, Hungary

<sup>4</sup>Brainfarma Indústria Química e Farmacêutica S.A, Barueri, São Paulo State, Brazil

<sup>5</sup>Department of Forest Protection, Forest Research Institute, University of Sopron., H-3232 Mátrafüred, Hungary

<sup>6</sup>Department of Entomology, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, USA

<sup>7</sup>Department of Entomology, University of California, Riverside, CA 92521, USA

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

The longhorn beetle, *Plagionotus detritus* L., occurs throughout Europe and into the Middle East. The principal aim of our work was to identify pheromone components for *P. detritus* (Coleoptera: Cerambycidae), which could be exploited for developing a pheromone-based monitoring system for the complementary purposes of plant protection in areas where it might become a pest, and natural conservation in areas where it is rare or endangered. Headspace volatiles were collected from live beetles and analyzed by coupled gas chromatography – electroantennogram detection and gas chromatography-mass spectrometry. Two components of the extracts that elicited responses from antennae of *P. detritus*, (*R*)-3-hydroxyhexan-2-one and (*S*)-2-hydroxyoctan-3-one were identified. The synthetics of the identified volatiles were field tested, from which (*S*)-2-hydroxyoctan-3-one was synthesized by ourselves. The blend of the two components attracted both sexes of *P. detritus* in field bioassays, which has proven the aggregation pheromone role in the intraspecific pheromonal communication. Unexpectedly, a predatory clerid beetle, *Clerus mutillarius* F. (Coleoptera: Cleridae), was also attracted by both of the synthetic compounds. Electroantennogram assays showed that antennae *C. mutillarius* also responded to the synthetic compounds. The cerambycid *Xylotrechus antilope* Schönh was significantly attracted to traps baited with (*S*)-2-hydroxyoctan-3-one alone or the blend containing this compound. These results show that both intraspecific and interspecific communication may play key roles in longhorn beetle life history and ecology, with closely and more distantly related species eavesdropping on each other's signals.

**Keywords:** headspace sampling; (*R*)-3-hydroxyhexan-2-one; (*S*)-2-hydroxyoctan-3-one; aggregation-sex pheromone; Clytini; predator; *Plagionotus detritus*; *Clerus mutillarius*; *Xylotrechus antilope*

Érkezett: 2022. szeptember 19.