

A *PLAGIONOTUS ARCUATUS* SSP. *ARCUATUS* DARÁZSCINCÉR (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE) FAJON BELÜLI KOMMUNIKÁCIÓJÁNAK A VIZSGÁLATA KÉT, FÖLDRAJZILAG TÁVOLI, EURÓPAI POPULÁCIÓN

Imrei Zoltán^{1*}, Mikael A. Molander², Inis B. Winde², Lohonyai Zsófia^{1,3}, Bálintné Csonka Éva¹, Fail József³, Lawrence M. Hanks⁴, Yunfan Zou⁵, Jocelyn G. Millar⁵, Tóth Miklós¹ és Mattias C. Larsson²

¹ELKH ATK, Növényvédelmi Intézet, Budapest, Herman Ötő út 15.

²Unit of Chemical Ecology, Department of Plant Protection Biology, Swedish University of Agricultural Sciences, Box 102, Sundsvägen 14, 230 53 Alnarp, Svédország

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

⁴Department of Entomology, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, Egyesült Államok

⁵Department of Entomology, University of California, Riverside, CA 92521, Egyesült Államok

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

A bársonyos darázscincér, *Plagionotus arcuatus* ssp. *arcuatus* (L.) Európa nagyobb részén gyakran számító szaproxilofág cincér faj, melyet a nyári hónapokban a szabadban tárolt, frissen kivágott tölgyfa alkalmi kártevőjeként tartunk számon. Annak érdekében, hogy azonosítsuk azokat a csalogató illatanyagokat, amelyek felhasználhatók a faj rajzáskövetésére, illatanyag gyűjtést végeztünk az imágókból, majd szabadföldi viselkedésvizsgálatokat végeztünk az azonosított illatanyagokkal, melyek a faj lehetséges aggregációs feromon komponensei. Három vegyület, az (R)-3-hidroxihexán-2-on, az (R)-3-hidroxioktán-2-on, és az (R)-3-hidroxiidekán-2-on viszonylag nagy mennyiségben volt jelen a hím kivonatokban Magyarországon és Svédországban egyaránt, függetlenül a filter típusától (aktív szén vagy PorapakTM Q, ezeket a bogarak által kibocsátott illatanyagok megkötésére használjuk), illetve függetlenül a kivonat készítésére használt oldószer típusától (hexán, dietil éter, vagy diklórmetán). A hidroxiketonek és annak rokon vegyületeinek egyike sem volt kimutatható a nőstényekből származó kivonatokban. A szabadföldi vizsgálatokban mindkét országban a C₆ és a C₁₀ illatanyagok keveréke, illetve a háromkomponensű keverék csalogatta a legtöbb bogarat. A kontroll csapdák, más kombinációk illetve az önmagukban alkalmazott illatanyagok csalogató hatása nem volt jelentős. A hímek és nőstények hasonlóan reagáltak a kezelésekre. Eredményeink azt mutatják, hogy a (R)-3-hidroxihexán-2-on és a (R)-3-hidroxiidekán-2-on a bársonyos darázscincér hímek által termelt aggregációs feromon komponensei, míg a (R)-3-hidroxioktán-2-on szerepe nem tisztázott. Az azonosított feromonkomponensek a bársonyos darázscincér populáció megfigyelésére alkalmazhatóak.

Kulcsszavak illatanyag kivonás, (R)-3-hidroxihexán-2-on, (R)-3-hidroxiidekán-2-on, (R)-3-hidroxioktán-2-on, izomerizáció, Clytini

A bársonyos darázscincér (*Plagionotus arcuatus* ssp. *arcuatus* (L.) (Coleoptera: Cerambycidae) Európa legnagyobb részén általánosan elterjedt, fával és korhadó fával táplálkozó faj (Jeniš 2001; Ehnrström és Holmer 2007; Keszthelyi 2015; Klausnitzer és mtsai 2016). Elsődleges tápnövényei közé tartoznak a különböző tölgyfajok (*Quercus* spp.), ahol a lárvák a

fában és a nemrég elpusztult vagy kivágott fák ágai és fatörzsei alatt fejlődnek (Bily és Mehl 1989). Kártevő státusa elsősorban annak tulajdonítható, hogy károsíthatja a szabadban tárolt, frissen kivágott tölgyfa rönköket (Ehnrström és Axelsson 2002; Keszthelyi és mtsai 2017). Az ebben a munkában vizsgált populációk a faj egy alfajának egyedei, amelyeket a továb-

biakban egyszerűen bársonyos darázscincér néven nevezünk, megjegyezve, hogy öt másik alfajt is leírtak Ázsiából és Délkelet-Európából, így Görögország és Törökország területéről (Danilevsky 2018).

A bársonyos darázscincér rendszertani szempontból a Cerambycinae alcsalád és a Clytini tribusz része. A tribuszon belül számos faj hímjei olyan aggregációs illetve szexferomont termelnek, amelyek jellemzően hidroxil-alkánokból és a belőlük származtatható 2,3-alkándiolokból állnak (Millar és Hanks 2017). Schröder (1996) vizsgálta először a *P. arcuatus* (ssp. *arcuatus*) kémiai ökológiáját, szerinte a hímek a 3-hidroxil-alkán-2-on egy homológ sorozatát termelik, amelyek elsődlegesen C₆-C₁₂-es lánchosszúságúak, ebből a 3-hidroxidekán-2-on és a 2-hidroxil-dekán-3-on a fő összetevők. A 3-hidroxil-alkán-2-onok abszolút konfigurációját (*R*)-ként határozták meg. Kisebb mennyiségben a 2-hidroxil-alkán-3-on 2*S* izomerjei is jelen voltak nem-racém keverékként (2*S*, 20–30% arányban). A megfelelő 2,3-alkándionok nyomait is azonosították, de az analóg 2,3-alkándiolokat nem. A további kisebb vagy csak nyomokban előforduló komponenseket nem azonosították, noha észlelték jelenlétüket. Ezeknek a pontosan nem azonosított komponenseknek a tömegspektrumaik arra utaltak, hogy a domináns hidroxil-keton komponensek telítetlen analógjai lehetnek. Annak ellenére, hogy a bársonyos darázscincér hímek által kibocsátott illatanyagok kivonatait meglehetősen alapos elemzésnek vetették alá (Schröder 1996), tudomásunk szerint nem végeztek vizsgálatokat a hímek által termelt illatanyagok biológiai funkcióinak ellenőrzésére.

A Schröder (1996) munkájában leírt, bársonyos darázscincér termelte illatanyagok szerkezetazonosításának a megerősítésére, és a hím-specifikus vegyületek esetleges fajon belüli kommunikációban betöltött szerepének az értékelésére két, a bársonyos darázscincér egymástól földrajzilag távoli, magyarországi és svéd populációján végeztünk párhuzamosan illatanyag kivonási és szabadföldi viselkedési vizsgálatokat.

Anyag és módszer

Kísérleti rovarok

Az illatanyag kivonására Mátrafüred környéki tölgyerdőben gyűjtöttük a bársonyos darázscincéreket Magyarországon 2014. május 20. és június 10. között, illetve 2016. május 5. és június 12. között, frissen vágott, napsütötte tölgyfa rönkökről összeszedve. A hímeket és nőstényeket elkülönítve tartottuk szellőző, tiszta műanyag dobozokban (56 × 28 × 28 cm) frissen vágott tölgy gallyakkal, kültéri hőmérsékleti és fényviszonyok mellett.

Svédországban az Ecopark Hornsö területén három alkalommal petéztettük a bársonyos darázscincéreket, majd a petéket illetve lárvákat tartalmazó fás részekből a laboratóriumban neveltük ki az imágókat. 2011 és 2012 tavaszán frissen vágott (nem fertőzött) tölgy ágakat gyűjtöttünk a dél-svéd Skåne, Blekinge, és Kalmar megye településeiből, melyeket az Ecopark területére szállítottunk, ahonnan a következő ősszel a bársonyos darázscincér tojásrakása után szállítottunk a laboratóriumba. 2015. év februárjában körülbelül 1.5 m³ lárvát tartalmazó tölgy ágat és kisebb farönköket gyűjtöttünk az Ecopark Hornsö területéről, amelyet még 2013. év végén daraboltunk fel, és 2014. év nyarán petéztettünk. A laboratóriumban a lárvákat tartalmazó faanyagot üvegházban tartottuk, átlátszó műanyag dobozokban (56 × 39 × 42 cm), amelyeket hálóval fedett szellőzőnyílásokkal láttunk el. A kikelt bogarakat naponta kétszer gyűjtöttük össze a faanyagból, ami után ivaronként elkülönítve 8 °C hőmérsékleten tartottuk őket, és frissen vágott tölgyfadarabokkal és mézes vízóldatba mártott szűrőpapírral biztosítottunk táplálékot. A bogarak többsége az illatanyag kivonatok készítéséhez a 2015-ben gyűjtött faanyagból kelt.

A bársonyos darázscincér ivaronkénti elkülönítését a csáp morfológia és a tor háti részének a sávos mintái alapján végeztük. A hímek csápjai a testhossz felénél hosszabbak, illetve a tor hátán keresztirányú sárga sáv fut a nőstényeknél, míg a hímeknél két, egymástól függet-

len szakaszt alkotnak, amelyek a potroh irányába kanyarodva végződnek.

Illatanyaggyűjtés a bársonyos darázscincér egyedeket tartalmazó légtérből

Mindkét ivar imágóiból végeztünk illatanyag kivonást (1. táblázat). Magyarországon a bogarak által kibocsátott illatanyagokat zárt rendszerű illatanyag gyűjtéssel („closed

loop stripping”), aktív szénről vontuk, míg Svédországban átfolyásos, nyílt rendszerű („flow-through system”) illatanyaggyűjtéssel Porapak™ Q felületéről nyertük vissza az illatanyagokat. A bársonyos darázscincér imágók többsége a délutáni órákban volt leginkább aktív a szabadföldi körülmények között a megfigyeléseink alapján, így ezekben az órákban végeztük az illatanyag kivonást.

1. táblázat

Magyarországon és Svédországban végzett illatanyag kivonási módszerek összehasonlítása bársonyos darázscincér, *Plagionotus arcuatus* légtérből

Módszer/felszerelés	Magyarország	Svédország
Kísérleti bogarak (hely, koordináták ^a)	Mátrafüred, 47.8416N/19.9997E	Ecopark Hornsö, 57.0120N/16.0897E
A bogarak tartási körülményei az illatanyaggyűjtést megelőzően	Külső hőmérséklet és fényviszonyok, szellőző átlátszó műanyag dobozokban (56 × 28 × 28 cm), nemek szerint elválasztva, tölgy hajtásokkal és almaszeletekkel	Műanyag edények (1,4 l) klímakamrában (25 °C állandó hőmérséklet, 65 % relatív páratartalom, világos periódus 8:30 és 21:00 között), nemek szerint elválasztva, frissen vágott tölgyfával és mézes vízzel telített papírzsebkendővel táplálva
Rendszer típusa	Zárt illatanyag gyűjtő berendezés (Closed-loop stripping apparatus – CLSA)	Nyitott rendszerű illatanyaggyűjtés
Légpumpa (modell, gyártó)	DC12/16NK, Erich Furgut GmbH, Tannheim, Németország	PM 10879 NMP 03; KNF Neuberger, Freiburg, Németország
Párhuzamosan működő illatanyag gyűjtő edények száma	4	3
Edény (térfogat, gyártó)	0,5 l, rendelésre készített üveg, MOM, Budapest, Magyarország	1 l, Lenz Laborglas GmbH, Wertheim, Németország
Légáram (l/min)	5,0	0,25
Illatanyag gyűjtő adszorbens	1,5 mg faszén, fémhálószerű üvegcsőben rögzített (termék: P/N 9 1006010, Brechbühler AG, Schlieren, Svájc)	25 mg Porapak™ Q polimer, háló méret 50-80, Teflon® csőben polipropilén vatta segítségével rögzítve (Supelco, Sigma-Aldrich, München, Németország)
Gyűjtés kezdete	reggel (délelőtt 8–10 órától)	reggel (délelőtt 10 órától)
Gyűjtés időtartama	24 h	~5 h (délelőtt 10 órától 15 óráig)
Egyedek száma ivaronként és illatanyag gyűjtésenként	1	4–7
Ivarok szerinti elkülönítés	igen	Igen
üres kontroll működtetése	igen	Igen
Finom fém csíkok az illatanyag gyűjtő edényben	igen	Igen

Az 1. táblázat folytatása

Módszer/felszerelés	Magyarország	Svédország
A bogarak fénynek kitettsége az illatanyaggyűjtés alatt	napfény	mesterséges fény
Kivonás	100 μ l diklórmétán (n=6) vagy 100 μ l dietil éter (n=8) váltva	300 μ l hexán (n=6)
Adsorbens tisztítása	4–5 ml metanol 4–5 ml diklórmétán 4–5 ml pentán	3×300 μ l hexán 3×300 μ l acetón
Illatanyaggyűjtések száma	4	6
Az üveg, fém és PTFE eszközök tisztítása	metanol diklórmétán pentán	etanol acetón
Kivonatok tárolása	–54 °C, PTFE kupakos csavaros fiolában (Sigma-Aldrich, Budapest, Magyarország)	–18 °C, kupakos csavaros fiolában (Skandinaviska Genetec AB, Stokholm, Svédország)

*Koordináták decimális fokban (DD)

A bársonyos darázscincér egyedek légtéréből készített kivonatok elemzése

A budapesti laboratóriumban a kivonatokot egy HP-5 oszloppal felszerelt (20 m × 0,32 mm × 0,25 μ m vastagság; J&W Scientific, Folsom, CA, USA) 6890N gázkromatográf (Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, USA) elemeztük. Az injektálást osztott módban, 220 °C bemeneti hőmérsékleten végeztük, a kályhát 1 percen át 50 °C hőmérsékleten tartottuk, majd 5 °C/perc sebességgel 230 °C hőfokra emeltük, ahol 10 percen át tartottuk. A vivőgáz, hélium kezdeti áramlási sebessége 4,0 ml/perc volt, míg a kezdeti lineáris sebesség 56 cm/s, állandó nyomás (112 kPa) mellett. A mintákat egy DB-WAX oszloppal felszerelt (30 m × 0,32 mm × 0,25 μ m vastagságú; J&W Scientific, Folsom CA, USA) HP-5890 gázkromatográf (Hewlett-Packard, most Agilent) is elemeztük. Az injektálást osztott módban, 215 °C-os bemeneti hőmérsékleten végeztük, a kályha 31 °C kezdeti hőmérsékletét 1 percig tartottuk, majd 10 °C/perc sebességgel 240 °C hőfokra emeltük 10 percig tartva 2,0 ml/perc áramlási sebességű hélium vivőgáz használatával. A bogarak által termelt vegyületeket úgy azonosítottuk, hogy összehasonlítottuk a hímek, a nőstények és a kontroll kivonatainak a gázkromatográfiás futásait az Agilent ChemStation szoftver (A.10.02

verzió) segítségével. A hím-specifikus vegyületeket a retenciós idejüket szintetikus standardjaikkal összehasonlítva is azonosítottuk a nem poláris (HP-5-ös) és a poláris (DB-WAX) oszlopokon, majd az azonosításokat az UC Riverside további elemzéseivel igazoltuk (lásd lentebb).

Alnapban a mintákat egy HP-5 kapilláris oszloppal (60 m × 0,25 mm ID × 0,25 μ m filmvastagság; Agilent) felszerelt 6890N gázkromatográf (Agilent Technologies) elemeztük, amely egy Agilent 5975 tömegszelektív detektorhoz kapcsolódott. A kivonatokot manuálisan (2 μ l), osztott módban injektáltuk 225 °C bemeneti hőmérsékleten, hélium vivőgáz használatával, állandó áramlási sebességgel (1,8 ml/perc), 172 kPa kezdeti nyomás mellett. A kályhát 3 percen át tartottuk 30 °C kezdeti hőmérsékleten, ami után 8 °C/perc sebességgel 260 °C hőfokra emeltük és ott 10 percen át tartottuk. A tömegspektrométert az oldószer érésének az elhagyására 7 perc késleltetéssel, illetve 29–400 Dalton szkennelési tartományban állítottuk be. A spektrumokat elektron-behatás ionizációs üzemmódban (EI) készítettük, 70 eV értéken tartva az elektronagyút. A bogarak által termelt, hím-specifikus vegyületek tömegspektrumait a forgalomban levő NIST és Wiley tömegspektrum-adatbázisokkal illetve a már ismert cincér feromonok spektrumaival hasonlítottuk össze az

előzetes azonosítás céljából. A tömegspektrumok és a retenciós idők hiteles standardokkal való összehasonlításával igazoltuk az eredményeinket. A minták egy részét elküldtük az UC Riverside laborjába további elemzés céljából.

Az UC Riverside laborjában igazoltuk a magyarországi és svéd populációk kivonataiban azonosított vegyületek jelenlétét a kivonatok újraelemzésével. A mintákat először egy HP 6890 gázkromatográfval elemeztük, amely egy közepes polaritású DB-17 oszloppal (30 m × 0,25 mm ID × 0,25 mm filmvastagság; J&W Scientific) és egy HP 5973 tömegszelektív detektorral (EI, 70 eV) volt felszerelve, az oldószer miatti 3 perces késleltetéssel és 40–400 Dalton szkenelési tartomány beállítása mellett. Az 1 µl minták injektálását osztott módban végeztük, ahol a nyitás 30 mp elteltével történt. A kályha 40 °C kezdeti hőmérséklettel működött 1 percen át, amit 10 °C/perc sebességgel 280 °C hőfokra emelt a program, és azt 10 percig tartotta ezen a hőmérsékleten. A hélium vívógáz állandó, 37 cm/mp áramlási sebességgel folyt. Először az injektálásokat 250 °C bemeneti hőmérsékleten végeztük, majd 125 °C hőmérsékleten megismételtük, a hőre labilis hidroxiketon komponensek izomerizációjának az elkerülése érdekében. A vegyületeket a tömegspektrumok és az adatbázis-spektrumok összehasonlításával azonosítottuk, valamint a tömegspektrumok és a hiteles standardok retenciós idejének egyezésével igazoltunk.

A bogarak által termelt vegyületek abszolút konfigurációinak meghatározásához az extraktumok maradékait egy királis állófázisú Cyclodex B oszloppal (30 m × 0,25 mm ID × 0,25 µm réteg vastagság) ellátott gázkromatográfval vizsgáltuk. A mintákat osztott módban (~ 20:1 arányban) 172 kPa kezdeti nyomással injektáltuk, a kályha kezdeti hőmérsékletét (50 °C) 1 percen át tartottuk, majd 3 °C/perc sebességgel 220 °C hőfokra emeltük és ott 10 percig hagytuk. Az injektáló szelep hőmérsékletét 100 °C hőfokra állítottuk a hidroxiketon komponensek izomerizációjára lecsökkentésére. A mintákat önmagukban injektáltuk, majd hiteles standardokkal hasonlítottuk a hidroxiketon vegyületazonosítások igazolásá-

ra. Végül, mivel a (R)-3-hidroxi-oktán-2-on és (S)-2-hidroxi-oktán-3-on nem különült el egyértelműen a Cyclodex B oszlopon, a mintákat DB-WAX oszlopon futtattuk (30 m × 0,25 mm × 0,25 µm film, J&W Scientific) osztott üzemmódban, 150 °C-os injektálási hőmérséklettel és 50 °C kezdeti kályha hőmérsékletet tartva 1 percig, amit 3 °C/perc sebességgel 250 °C hőfokig emeltünk. Ilyen feltételek mellett a 2-hidroxi-oktán-3-on és a 3-hidroxi-oktán-2-on elkülönült egymástól.

Annak meghatározására, hogy az oldószer befolyásolta-e a 3-hidroxi-hexán-2-on (C₆), 3-hidroxi-oktán-2-on (C₈) és a 3-hidroxi-dekán-2-on (C₁₀) bárnyos darázsincér hím mintákból nyert arányait, melyeknek megkötésére aktív szénen használtunk, megismételtük az illatanyag-gyűjtést hexánnal, dietil-éterrel ill. diklór-metánnal leoldva, és az arányokat a három vegyület gázkromatográfiai futásai során létrejött csúcsaik relatív területéről számítottuk ki DB-WAX oszlopon a budapesti laborban. Svédországban a bogarak kivonataiban talált, bogarak által termelt vegyületek relatív arányát az Alnarp campus HP-5 oszlopán kapott kromatogramok alapján számítottuk ki.

Az illatanyagok forrása, a szintetikus feromon csalik készítése és a csapdatípusok

Aracém 3-hidroxi-oktán-2-ont és a 3-hidroxi-dekán-2-ont 1-oktán-3-olból és 1-decán-3-olból szintetizáltuk a korábban leírt módszerekkel (Imrei és mtsai 2012). A racém 3-hidroxi-hexán-2-ont (CAS-szám: 54123-75-0) a Bedoukian Research, Inc. cégtől (Danbury, CT, USA) vásároltuk.

Zárt polietilén zacskócskát használtunk kibocsátónak (50 × 75 mm, 50 µm falvastagság, # 018161A, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, USA vagy 65 × 55 mm, 40 µm falvastagság, Grippie® Light Nr-02, b.n.t. Scandinavia AB, Arlöv, Svédország), melyeket fémcsikkal (Magyarország) vagy fémhuzallal (Svédország) rögzítettünk a csapdákhöz, a zacskó kiszúrása nélkül. A csalik a C₆, C₈ illetve C₁₀ 3-hidroxi-alkán-2-onokat illetve azok kettő- és háromkomponensű keverékeit izopropanolban oldott

állapotban tartalmazták (2. táblázat). A keverékek arányai megközelítették a kísérletekhez használt bársonyos darázcincér hímek légtéréből dietyl-éter és hexán segítségével kivont extraktumokban mért illatanyagok átlagos mennyiségét (lásd az eredményeket). Magyarországon fogászati tampondarabot (Celluron[®], Paul Hartmann AG, Heidenheim, Németország) helyeztünk a csalétkekbe a szivárgás minimalizálása érdekében. Minden szabadföldi vizsgálat során közvetlenül a felhasználásuk előtt mértük bele a feromon komponenseket tartalmazó oldatokat, melyeket korábban a megfelelő mennyiségben kimértünk és $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Magyarország) vagy $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Svédország) hőmérsékleten tároltuk a felhasználásig, a csalétek kibocsátókba.

(Graham és Poland 2012), valamint Vaportape[®] rovarölő szer darabot (Hercon Environmental Inc., Emigsville, PA, USA) helyeztünk a fogóedénybe. A csalétket a csapda felső részén rögzítettük, úgy, hogy a csali a felsőrész függőleges síkjának közepén elhelyezkedő kerek nyíláshoz kerüljön, éppen a varsatölcsér fölé.

Svédországban a bogarakat egyedi építésű, a repülő bogarak fogására kialakított csapdákkal fogtuk, amelyeken a keresztartó paneleknek ütköző repülő roveregeydek a varsatölcséren át a fogóedénybe estek (Molander és Larsson 2018). A csapda felső részét a keresztartókon rögzített fedéllel zárták le, annak elkerülésére, hogy eső tölthesse fel a fogóedényt. A paneleket és a tölcser belsejét a csúszósságot növelő Fluon[®]

2. táblázat

A Magyarországon (2016) és Svédországban (2015, 2016) párhuzamosan zajló bársonyos darázcincért (*Plagionotus arcuatus*) célzó szabadföldi kísérletek során alkalmazott csalétek összetétele.

A csalétkekben az egyes feromon komponensek abszolút mennyisége (mg) megegyezett a magyarországi és svédországi kísérletekben, azonban az oldószer mennyisége eltérést mutatott; Magyarországon 1 ml, Svédországban 0,5 ml izopropanol (2-propanol). Minden vegyületnél racém elegyet használtunk

Kezelés	Vegyület								kontroll
	C ₆	C ₈	C ₁₀	C ₆ +C ₈	C ₆ +C ₁₀	C ₈ +C ₁₀	C ₆ +C ₈ +C ₁₀		
3-hidroxihexán-2-on (mg)	50			50	50		50		
3-hidroxioktán-2-on (mg)		50		5		5	5		
3-hidroxioktán-2-on (mg)			50		10	10	10		
2-propanol, Hung./Swe. (ml)	1/0,5	1/0,5	1/0,5	1/0,5	1/0,5	1/0,5	1/0,5	0/0,5	

Magyarországon a függőleges felületével a repülő rovarok megállítására alkalmas, átlátszó felsőrésszel kiegészített varsás csapdatípust használtunk a szabadföldi kísérletekben (Imrei és mtsai 2002; Schmera és mtsai 2004). A VARb3 kódjelű, módosított varsás csapda az ATK Növényvédelmi Intézet (Budapest) CSALOMON[®] Csapdacsaládjának a tagja (www.csalomontraps.com). A csapdatípus korábban hatékonynak bizonyult a bársonyos darázcincér rokon fajának, a *Plagionotus floralis* (Pallas) egyedeinek a fogására (Toshova és mtsai 2010; Imrei Z és mtsai 2014). A tölcser belső felületét Teflon[®] (95% politetrafluoretilén, B'laster Corporation, Cleveland, OH, USA) alapú, csúszást növelő spray-vel kezeltük a csapdázási hatékonyság növelése érdekében

készítménnyel kezeltük a fogások növelésére (30% politetrafluoretilén, Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, USA). Polipropilén-glikolt (~0,25 l csapdánként) öntöttünk a fogóedénybe tartósító szerként és ölöszerként.

Szabadföldi kísérletek

A szintetizált feromonok szabadföldi vizsgálatát Magyarországon 2016. május 26. és 31. között, míg Svédországban 2015. május 29. és július 26. illetve 2016. június 5. és július 5. között végeztük. A kísérlettel kapcsolatos adatokat az 3. táblázat tartalmazza. A kísérletek során az egyes ismétlésekhez tartozó csapdákat, illetve kezeléseket egy csoportban (csapdablokkban) helyeztük el. A kezeléseket vélet-

lenszerű sorrendben raktuk ki egy ismétlésen belül, és minden egyes csapdaellenőrzésnél véletlenszerűen áthelyeztük a csapdákat a pozícióhatás kiegyenlítésére.

Magyarországon a csapdákat ~2 m távolságra helyeztük el egymástól, egy 150 m hosszú és 40 m széles tölgyfa rönksor mentén (*Quercus petraea* [M.] Liebl.), ahol a bársonyos darázscincér imágóit nagy egyedsűrűségben figyeltük meg. A csapdákat a talaj szintjén helyeztük el, a csapdához kötött és a földbe szúrt merev drótív segítségével. A bársonyos darázscincér fogásokat megszámloltuk, Kaszab (1971) határozókulcsa alapján meghatároztuk és ivaronként elkülönítettük.

Svédországban a csapdákat kiálló faágakra (2015) vagy megerősített oszlopokra (2016) helyeztük 1,5–2 m magasságban, ~8 m (2015) vagy 10 m (2016) távolságot hagyva az ismétlések között. A csapdák fogásait egy teaszűrőn keresztül szűrve ürítettük, és a befogott rovarokat számozott műanyag zacskóban tároltuk.

A bogarakat Ehnström és Holmer (2007) határozókulcsa alapján határoztuk meg, megszámloltuk a bársonyos darázscincér egyedeket, az ivarok arányát pedig a fogott rovarok egy részének a vizsgálatával becsültük. A bogarakat 70% etanolban tartósítottuk és Lund város rovargyűjteményben helyeztük el (Biológiai Múzeum, Lund-i Egyetem, Svédország).

Statisztika

A kezelések közötti különbségeket a befogott imágók számában a nem-paraméteres Friedman-próbával teszteltük (PROC FREQ, CMH; SAS Institute 2011), az ismétléseken belül meghatározott csapdák számával a gyűjtési dátumokon belül. Azokat az ellenőrzési dátumokat, amelyekeken egyetlen bársonyos darázscincér példányt sem fogtunk, például a rossz időjárási viszonyok miatt, kihagytuk az értékelésből. A svéd kísérletek két éves csapdázási adatait összevontuk. A kezeléseket páronként a

3. táblázat

Kísérleti elrendezés a szabadföldi kísérletekhez Magyarországon és Svédországban

Módszer/felszerelés	Magyarország	Svédország
Helység, koordináták ^a	Pilisszentkereszt, 47.7074N/18.9161E	Ecopark Hornsö, 57.0120N/16.0897E
Csapdatípus	VARb3 módosított varsás csapda (CSALOMON [®])	a kísérlethez készített ütközőlapos csapda, Molander és mtsai (2018)
Évenkénti ismétlésszám	4 (2016)	4 (2015) 5 (2016)
Csapda elhelyezés	Frissen rakott napsütötte rönkök mentén, talajszinten, aszfaltzott út mellett	Napsütötte tisztások és erdőszélek, 1,5-2 m magasságban (2015) és betonacél oszlopoktól 1,5 m magasságban (2016)
Blokkok közötti távolság	2 m	>550 m (2015) >1500 m (2016)
Csapdák közötti távolság	2 m	~8 m (2015) 10 m (2016)
Kísérlet kezdete	2016. május 26.	2015. május 29. 2016. június 5.
Ellenőrzések	kétnaponta május 27., május 29., május 31. (2016)	havonta egyszer június 24., július 26 (2015) június 30., július 31 (2016)
Csali kihelyezése és cseréje	kísérlet kezdetén	kísérlet kezdetén és ellenőrzéskor

^aKoordináták decimális fokban (DD)

REGWQ teszt segítségével hasonlítottuk össze (kísérleti hibaarányok ellenőrzése; SAS Intézet 2011) a Friedman-próba szignifikanciája esetén.

4. táblázat

Eredmények

A bársonyos darázscincér egyedek légteréből készített kivonatok analízise

Három, következetesen jelenlevő illatanyagot azonosítottunk viszonylag nagy mennyiségben mindkét bársonyos darázscincér populáció himjeiből, melyek relatív aránya változó volt (4. táblázat). Kísérleteinkben a vegyületeket 3-hidroxi-hexán-2-on, 3-hidroxi-oktán-2-on és 3-hidroxi-dekán-2-on illatanyagokként határoztuk meg, és a hímek minden kivonatában megtaláltunk ezeket (1. ábra), függetlenül a filter típusától (aktív szén vagy Porapak™ Q) illetve a filter atmoszához használt oldószer típusától (hexán, dietil-éter vagy diklór-metán). A kivonatok elemzése a királis állófázisú Cyclodex B GC oszlopon azt mutatta, hogy a bogarak mind a három vegyület (*R*)-enantiomerjét termelték. Mivel a (*S*)-2-hidroxi-oktán-3-on és a (*R*)-3-hidroxi-oktán-2-on nem volt teljesen elválasztható a Cyclodex B oszlopon, az elemzéseket DB-WAX oszlopon megismételtük, amely könnyen elválasztotta a két regioizomert az alapvonalhoz viszonyítva.

Az elemzések ezen kombinációja megerősítette, hogy a 8 szénatomos hidroxi-ke-ton valójában (*R*)-3-hidroxi-oktán-2-on volt. A vegyületek azonosítását a tömegspektrumokkal és több GC oszlopon végzett futás retenciós idejének az összevetésével igazoltuk ismert szerkezetű szintetikus standardokhoz képest. A hímek kivonatai számos másodlagos komponenst (minor component) is tartalmaztak, köztük a C₇, C₉ és C₁₁ 3-hidroxi-alkán-2-onokat, a C₆, C₈ és a C₁₀ 2,3-alkán-dionokat, valamint a C₆, C₈ és C₁₀ 2-hidroxi-alkán-3-onokat. Az utóbbi két vegyület csoportja azonban hangsúlyosabb volt azokban a mintákban, amelyeknél 250 °C injekciós hőmérsékletet alkalmaztunk (2. ábra), ami arra utal, hogy ezek a vegyületek részben vagy egészben a 3-hidroxi-alkán-2-onok átalakulásával keletkezhetnek hő hatására.

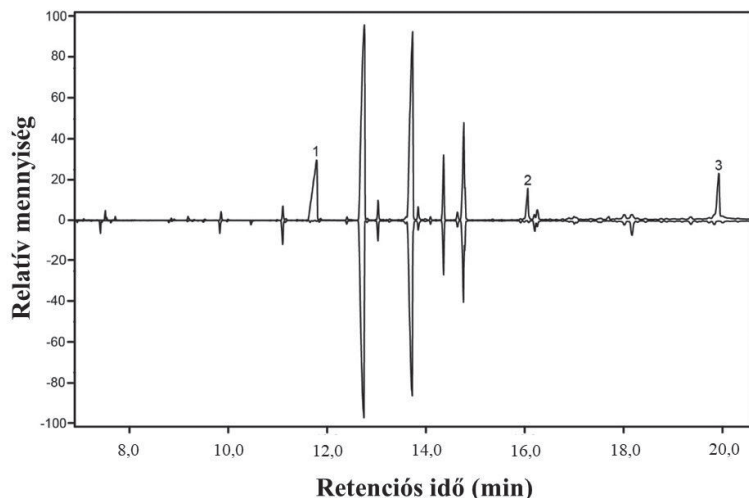
A 3-hidroxi-hexán-2-on (C₆), 3-hidroxi-oktán-2-on (C₈), és 3-hidroxi-dekán-2-on (C₁₀) relatív aránya a bársonyos darázscincér, *Plagionotus arcuatus* hímek légteréből kivont mintákban, 3 különböző oldószer használata esetén

Oldószer	C ₆ : C ₈ : C ₁₀ átlag ± SE (százalékos terjedelem)
hexán (n = 6, Svédország)	69,6 ± 6,2% : 11,6 ± 2,6% : 18,7 ± 3,9% (52,4–91,4% : 4,5–21,5% : 4,1–29,0%)
dietiléter (n = 8, Magyarország)	65,9 ± 3,7% : 11,6 ± 2,0% : 22,5 ± 3,5% (52,0–85,2% : 0–18,4% : 4,9–34,1%)
diklórmetán (n = 6, Magyarország)	36,5 ± 5,1% : 33,9 ± 4,5% : 29,6 ± 3,0% (24,1–59,5% : 14,2–44,4% : 17,7–40,3%)

A hidroxi-ke-tonok és a hozzájuk kapcsolódó vegyületek egyike sem volt kimutatható a nőstényekből származó kivonatokban vagy a kontrollban. Továbbá nem figyeltünk meg semmilyen nőstény specifikus vegyületet vagy olyan vegyületet, amelyet mindkét ivar termelt.

Szabadföldi kísérletek

Magyarországon összesen 869 db bársonyos darázscincér imágót fogtak a csapdáink a szabadföldi kísérlet során. A fogások jelentős mértékben az egyes kezelésektől függtek (3A. ábra; Friedman-teszt: $Q_{7,96} = 22,4$, $P < 0,0021$). Csak a C₆+C₁₀ kétkomponensű kombináció és a mindhárom illatanyagot tartalmazó C₆+C₈+C₁₀ kombináció fogott jelentősen több bogarat, mint a kontroll, míg más kezeléseket nem mutatnak statisztikai különbséget a kontrollhoz vagy egymáshoz képest. A magában csak a C₆ illetve a magában csak a C₈ illatanyagot tartalmazó két kezelés fogásai kizárólag a C₆+C₁₀ kétkomponensű keveréktől és a mindhárom illatanyagot tartalmazó keveréktől különböztek. Magyarországon a fogásokat tekintve a hímek domináltak, amelyek aránya az összes kezelésre nézve 70,4 ± 3,0% volt (átlag ± SE) (5. táblázat). A hímek és a nőstények átlagos aránya



1. ábra. Reprezentatív teljes ion kromatogram a Svédországban gyűjtött bársonyos darázscincér, *Plagionotus arcuatus* hímek (felső vonal) és nőtények (alsó inverz vonal) légtéréből Porapak™ Q segítségével kivont és hexánnal leoldott illatanyagok beinjektálásából „spitless” üzemmódban. A mintákat HP-5 GC oszlopon futtattuk. A vegyületek közül három, az (*R*)-3-hidroxi-hexán-2-on (1), az (*R*)-3-hidroxi-oktán-2-on (2) és az (*R*)-3-hidroxi-dekán-2-on (3) hímspecifikus és következetesen előfordult viszonylag nagy mennyiségben.

nem különbözött szignifikánsan a kezelések között (Kruskal-Wallis Khi-négyzet = 10,2, df 7, $P = 0,18$), továbbá az egyes ivarok csapdázási adatainak a külön-külön elemzésével megállapítottuk, hogy a hímek és nőtények fogásainak hasonló a mintázata.

5. táblázat

A különböző kezelésekhöz csalogatott hím bársonyos darázscincér, *Plagionotus arcuatus* egyedek átlagos százalékos aránya mindkét ivar összegéhez viszonyítva Magyarországon (Kruskal-Wallis Khi-négyzet = 10,2, df 7, $P = 0,18$), ahol az összes kezelés során fogott hímek aránya $70,4 \pm 3,0\%$ (átlag \pm SE)

Kezelés	Hím arány (%) átlag \pm SE
C ₆	73,5 \pm 11,1
C ₈	54,8 \pm 9,4
C ₁₀	72,1 \pm 6,0
C ₆ +C ₈	87,0 \pm 4,0
C ₆ +C ₁₀	70,2 \pm 7,5
C ₈ +C ₁₀	60,2 \pm 12,2
C ₆ +C ₈ +C ₁₀	71,1 \pm 5,9
Kontroll	72,5 \pm 10,4

Svédországban összesen 47 db bársonyos darázscincér imágót csalogattak a csapdák a szabadföldi vizsgálatokban, amelyekből 38 bogarat 2015-ben, és 9 bogarat 2016-ban fogtunk. A fogások jelentős mértékben az egyes kezelésektől függttek (3B. ábra; $Q_{7,91} = 42,5$, $P < 0,001$). A magyarországi csapdázással összhangban a C₆+C₁₀ két-komponensű keverék és a C₆+C₈+C₁₀ hármas kombináció statisztikai értelemben nem különböztek, és csak ezek a kezelések különböztek szignifikánsan a kontrolltól és más kezelésektől. A háromkomponensű C₆+C₈+C₁₀

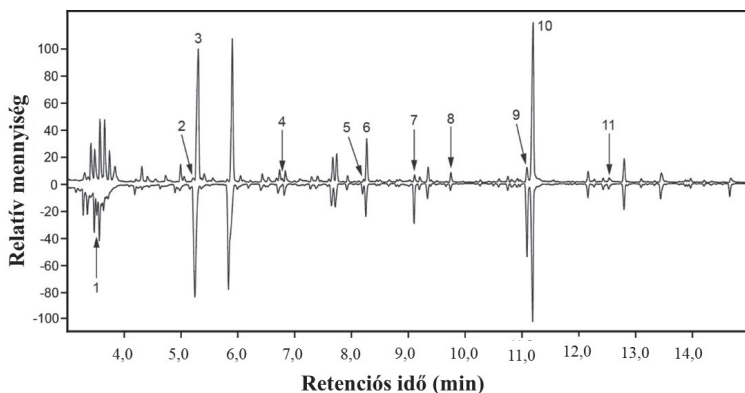
illatanyagokat tartalmazó kombinációval csapdázott 20 egyed ivar szerinti elkülönítése 42% hím és 58% nőtényt eredményezett.

Következtetések

A bársonyos darázscincér imágók légtéréből kivont illatanyagok elemzése fő következtetéseiben megegyezik a Schröder (1996) által közölt eredményekkel, ami szerint a hímek elsődlegesen a 6, 8 és 10 szénatomos hidroxi-alkán-2-onok (*R*)-enantiomerjeiből álló keveréket termelik. A kivonatok nyomokban tartalmazták a C₇, C₉ és C₁₁ homológokat, valamint a ketolok 2,3-alkán-dion és 2-hidroxi-alkán-3-on analógjait. Mivel azonban az utóbbi két vegyületcsoport mennyisége nőtt a gázkromatográf növekvő injektálási hőmérsékletével, valószínűnek tűnik, hogy ezek a vegyületek inkább műtermékek, mint a feromonkeverék összetevői. Az ilyen hidroxi-ke-tonok termikus labilitása korábbi munkákból jól ismert (Sakai és mtsai 1984; Leal és mtsai 1995; Schröder 1996).

Annak ellenére, hogy eredményeink az egyes illatanyag komponensek meghatározá-

sa tekintetében hasonlítottak Schröder (1996) eredményeire, mennyiségi különbségeket tapasztaltunk. Schröder (1996) szerint a C_{10} és a C_8 a leggyakrabban előforduló vegyületek a bársonyos darázscincér diklórmetános kivonataiban. Ezzel szemben a vizsgálatainkban a svéd populációból gyűjtött illatanyagok hexán kivonataiban és a magyar populáció dietiléteres kivonataiban a C_6 összetevő volt a domináns vegyület. Ugyanakkor Magyarországon a bogarakból származó diklórmetános kivonatokban azonosított vegyületek aránya jelentősen különbözött, így a C_6 , C_8 és C_{10} aránya körülbelül 1:1:1 volt, jelezve, hogy az illatanyag kivonás során használt oldószer segítségével viszszanyert anyagmennyiségek ismeretlen okok miatt jelentősen eltérnek, noha a homológok hasonló kémiai tulajdonságokkal rendelkeznek. Azt is meg kell jegyeznünk, hogy az egyes ismétlésekben a vegyületek aránya jelentősen eltért. Például a C_6 : C_8 : C_{10} aránya a svédországi bogarak hexános kivonataiban 23:1:1 és 4,1:1:2,1 között változott, ami arra utal, hogy a hímek által termelt vegyületek aránya jelentős természetes eltéréseket mutat.



2. ábra. A bársonyos darázscincér, *Plagionotus arcuatus* hímek légtéréből Porapak™ Q segítségével kivont és hexánnal kioldott, „spitless” üzemmódban beinjektált, DB-17 GC oszlopon analízált illatanyagok teljes ion kromatogramja, mely a hidroxiketonok termikus izomerizációjának és degradációjának hatásait mutatja. Az ábra felső részén látható gázkromatográfiás futás 125 °C injektálási hőmérsékletéről indult, az ábra alsó részén látható futásnál az injektálási hőmérséklet 250 °C volt. Azonosított vegyületek: 1) 2,3-hexándione, 2) 2-hidroxihexán-3-on, 3) 3-hidroxihexán-2-on, 4) 3-hidroxihéptán-2-on, 5) 2-hidroxoktán-3-on, 6) 3-hidroxioktán-2-on, 7) 2,3-dekándion, 8) 3-hidroxinonan-2-on, 9) 2-hidroxidekán-3-on, 10) 3-hidroxidekán-2-on, 11) 3-hidroxidekán-2-on.

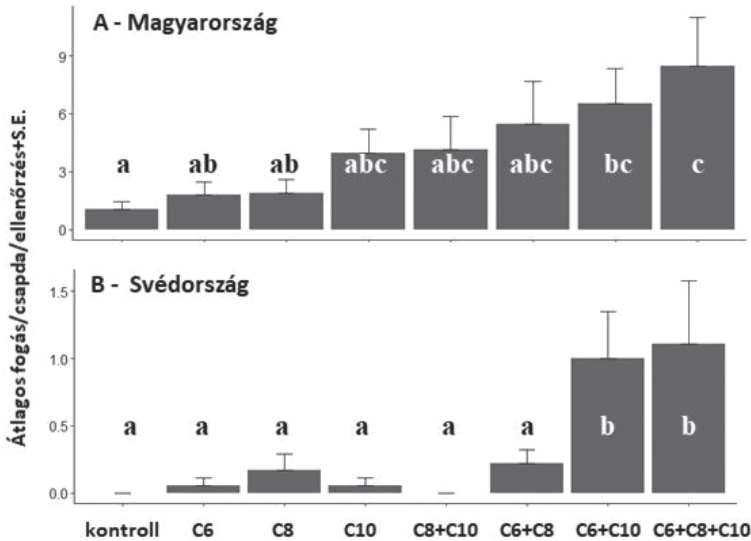
A két populáció nőstény kivonataiban nem találtunk semmilyen bizonyítékot ivar specifikus vegyület termelésére. Ráadásul csak a hímek rendelkeznek ivar specifikus pórussokkal az előtoron, amelyet korábban Ray és mtsai (2006) írtak le, számos cincérfaj morfológiai vizsgálata során. Schröder (1996) szerint korreláció állhat fenn az előtor hím-specifikus pórussainak előfordulása és a vonatkozó cincérfaj feromon termelése között.

Bár a hidroxiketon-homológok keverékeit más cincérfajokból, így a közeli rokon *Plagionotus detritus* [L.] esetében (Molander és mtsai 2019; Imrei és mtsai 2021) is kimutatták, tudomásunk szerint a bársonyos darázscincér esetében talált három ketol homológ keveréke feromonként, valamint három további, kisebb mennyiségben előforduló homológ termelése egyedülálló a cincérek között. Ezen felül, az a tény, hogy ezeket a homológokat három, földrajzilag távoli populációból származó bogarak kivonataiban találták, több mint 20 év eltéréssel (a saját eredményeink, illetve Schröder (1996) tekintetében), azt sugallja, hogy e viszonylag összetett keverék előállítása a cincérek

Cerambycinae alcsaládjának fajai között a fajra jellemző tulajdonság, és nem műtermék. Figyelemre méltó, hogy bár a C_6 és C_8 hidroxiketonokat számos cincérfajból azonosították, eddig csak egyetlen további faj, a *Xylotrechus quadripes* Chevrolat esetében bizonyították a C_{10} hidroxiketon termelését (Rhains és mtsai 2001; Hall és mtsai 2006).

A magyarországi és svédországi szabadföldi vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a C_6 és C_{10} 3-hidroxialkán-2-onokat tartalmazó keverék szükséges a bársonyos darázscincér faj egyedeknek csalogatásához. A C_8

hidroxi-keton, bár jelentős mennyiségben volt jelen a kivonatokban, a C₆ és C₁₀ vegyületek két-komponensű keverékéhez hozzáadva nem növelte szignifikánsan a csalogató hatást, így szerepe továbbra is tisztázatlan marad. Ezzel szemben az egyes hidroxi-keton vegyületek vagy a C₆ és C₈ vegyületek keveréke sem fogott szignifikánsan több bogarat, mint a kontroll csapdák.



3. ábra. A bársonyos darázscincér, *Plagionotus arcuatus* átlagos fogásai csapdánként és mintavételi időközönként (\pm SE) A) Pilisszentkereszt, Magyarország; B) Ecopark Hornsö, Svédország (a 2015. és 2016. évben megismételt kísérlet adatainak az összevonásával). A csalétket az 1. táblázat szerinti arányban és mennyiségben tartalmazták a 3-hidroxihexán-2-on (C₆), 3-hidroxioktán-2-on (C₈), és 3-hidroxidekán-2-on (C₁₀) illatanyagait. A kontroll csapdák Magyarországon nem tartalmaztak csalétket, míg Svédországban az oldószer (0,5 ml izopropanol) került kihelyezésre. A nem azonos betűvel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek (REGWQ test, $P < 0,05$).

A tápnövények illatanyagainak a csalogató szerepének tisztázása a bársonyos darázscincér tekintetében, vagy az ilyen illatanyagok vizsgálata, mint a jelen munkában azonosított feromon komponensek szinergistái, további kísérletek végzését kívánja. Számos tanulmány azt sugallja, hogy a frissen vágott tölgy rönkök csalogató hatásúak a bársonyos darázscincér egyedeire (Kaszab 1971; Grunwald és mtsai 2010), amit saját, magyarországi terepi megfigyeléseink is alátámasztottak. A bársonyos darázscincér példányok sokkal kisebb számban voltak jelen az élő tölgyfák törzsén, mint a frissen kivágott fák

rönkjein. Így valószínűnek tűnik, hogy a rönkök darabolása miatt megsérült fás részek illetve a haldokló növényi szövetek olyan illatanyagokat bocsáthatnak ki, amelyek a bársonyos darázscincér számára a tápnövény megtalálásában szerepet játszanak. Mindez azt sugallja, hogy a feromon csapdák elhelyezése a farönkök közelében, illetve a frissen vágott vagy aprított fa

által kibocsátott illatanyagok a feromon komponensekkel együtt alkalmazva, a csapdázási hatékonyság további növeléséhez vezethetnek (Collignon és mtsai 2016).

Összefoglalva, eredményeink alátámasztják Schröder (1996) korábbi eredményeit, miszerint a bársonyos darázscincér hímjei a hidroxi-ketonok egy komplex keverékét termelik, amelyben a 3-hidroxi-hexán-2-on, 3-hidroxi-oktán-2-on és a 3-hidroxi-dekán-2-on (*R*)-enantiomerjei dominálnak. Schröder (1996) munkáját kiegészítettük ezzel a három vegyülettel végzett szabadföldi vizsgálatokkal, amelyekkel kimutattuk, hogy legalább két vegyület keveréke (az (*R*)-3-hidroxi-hexán-2-on

és az (*R*)-3-hidroxi-dekán-2-on) a fajra jellemző aggregációs feromonként működik. Mivel terepi megfigyeléseink arra utalnak, hogy a bársonyos darázscincér egyedeit erőteljesen csalogatják a tápnövény frissen vágott fás részei, valószínűnek tűnik, hogy a tápnövény illatanyagai és a faj feromonjának a kombinációjával hatékonyabb csali fejleszthető. Eredményeink alapján a feromon önmagában is alapját jelentheti a bársonyos darázscincér populáció megfigyelésére használható mintavételező eszköznek, ami akár az egész frissen elpusztult ágakon fejlődő guild fajainak a rajzásmegfigyelésére is alkalmas lehet.

Köszönetnyilvánítás

Hálásak vagyunk Farkas Viktornak, a Pilis-erdő Zrt., Pilisszentkereszt közeli erdőben végzett kísérletek elvégzésének engedélyezéséért és támogatásáért. Köszönjük Orgován Editnek a laboratóriumi kísérletek során nyújtott segítségét és a feromon arányok elemzését. Jonas Helgesson a Helgesson Trädtjänst AB-től, Stefan Ekroth, Gunnar Isacson és az erdészeti cégek, a Stora Enso és a Södra Skogsägarna jelentősen hozzájárultak a tölgyfa-alapanyagok beszerzéséhez. Továbbá szeretnénk köszönetet mondani Marcus Vestlundnak, Sunniva Farbunak, Adam Nunn-nak és Shilpi Kundunak, hogy segítséget nyújtottak a faanyagok begyűjtésében és a csapadék ellenőrzésében. Köszönjük Muskovits Józsefnek a taxonómiai segítséget. Hálásak vagyunk Göran Birgerssonnak a GC-MS munkával kapcsolatos támogatásáért az Alnarp Campuson, valamint a svéd erdei Sveaskog cég (Per Petersson és Jan Dahl) engedélyéért az Ecopark Hornsö területén végzett terepmunka elvégzésére. A kutatást támogatta a Svéd Környezetvédelmi Ügynökség (MCL-nek, NV-03135-14), a kutatási tanács (Formas, MCL számára, a támogatás száma: 2016-01372), a Svéd Erdészeti Társaság (MCL, támogatások: 1011-84 / 150-7 HJHIL és 2016-029), Ekfrämjandet: Erik Stenström Alapítvány (MCL, támogatás: 2015-5), WWF Svédország (támogatás: Insight: SWE 0163; Helyi: 500 131) a Svéd Királyi Tudományos Akadémia (MAM, támogatás: BS2015-0065), az Emberi Erőforrások Minisztériuma által a Szent István Egyetem növénytermesztési és növényvédelmi kutatásainak finanszírozására odaítélt Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (JF és ZsL: 1783-3/2018/FEKUTSTRAT), a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja, valamint az UNKP Bolyai + a Magyar Emberi Erőforrások Minisztériuma (Švácha és Lawrence), Tranemåla alapítvány: Erik és Ebba Larsson és Thure Rignell alapítványa (IBW-nek) és az Egyesült Államok Mezőgazdasági, Állat- és Növény-egészségügyi Ellenőrzési Szolgálat (JGM és LMH, támogatások: 14-, 15-, 16- és 17-8130-1422-CA).

IRODALOM

- Bíly, S. and Mehl, O.** (1989): Longhorn beetle (Coleoptera, Cerambycidae) of Fennoscandia and Denmark vol 22. Fauna Entomologica Scandinavica. EJ Brill/Scandinavian Science Press Ltd., Leiden.
- Collignon, R. M., Swift, I. P., Zou, Y. F., McElfresh, J. S., Hanks, L. M. and Millar, J. G.** (2016): The influence of host plant volatiles on the attraction of longhorn beetles to pheromones. *Journal of Chemical Ecology*, 42:215–229.
- Danilevsky, M. L.** (2018): Catalogue of Palaearctic Cerambycoidea. <https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/danlists.htm>. Megtekintés: 2022. július 18.
- Ehnström, B. and Axelsson, R.** (2002): Insektsnag i bark och ved. Swedish Species Information Centre, Uppsala.
- Ehnström, B. and Holmer, M.** (2007): Skalbagg: Långhorningar. Coleoptera: Cerambycidae. Swedish Species Information Centre, Uppsala.
- 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.
- Grunwald, S., Pilhofer, M. and Holl, W.** (2010): Microbial associations in gut systems of wood- and bark-inhabiting longhorned beetles Coleoptera: Cerambycidae. *Systematic and Applied Microbiology*, 33:25–34.
- Hall, D. R., Cork, A., Phythian, S. J., Chittamuru, S., Jayarama, B. K., Venkatesha, M. G., Sreedharan, K., Kumar, P. V., Seetharama, H. G. and Naidu, R.** (2006): Identification of components of male-produced pheromone of coffee white stem-borer, *Xylotrechus quadripes*. *Journal of Chemical Ecology*, 32:195–219.
- Imrei Z., Kováts Z., Toshova T. B., 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(2):161-166.
- 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., 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., Tóth, M., Tolasch, T. and Francke, W.** (2002): 1,4-Benzoquinone attracts males of *Rhizotrogus vernus* Germ. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 57: 177–181.
- Jeniš, I.** (2001): Long-horned beetles Vesperidae & Cerambycidae of Europe 1. Ateliér Regulus, Prague.
- 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.
- Leal, W. S., Shi, X. W., Nakamuta, K., Ono, M. and Meinwald, J.** (1995): Structure, stereochemistry, and thermal isomerization of the male sex pheromone of the longhorn beetle *Anaglyptus subfasciatus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 92:1038–1042.
- 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.
- Molander, M., Helgesson, J., Winde, I., Millar, J. and Larsson, M.** (2018): The male-produced aggregation-sex pheromone of the cerambycid beetle *Plagionotus detritus* ssp. *detritus*. *J Chem Ecol*.
- Molander, M. A., Helgesson, J., Winde, I. B., Millar, J. G. and Larsson, M. C.** (2019): The male-produced aggregation-sex pheromone of the cerambycid beetle *Plagionotus detritus* ssp. *detritus*. *Journal of Chemical Ecology*, 45(1):28–36.
- Molander, M. A. and Larsson, M. C.** (2018): Identification of the aggregation-sex pheromone of the cerambycid beetle *Phymatodes pusillus* ssp. *pusillus* and evidence of a synergistic effect from a hetero-specific pheromone component. *Journal of Chemical Ecology*, 44:987–998.
- Ray, A. M., Lacey, E. S. and Hanks, L. M.** (2006): Predicted taxonomic patterns in pheromone production by longhorned beetles. *Naturwissenschaften*, 93:543–550.
- Rhainds, M., Lan, C. C., King, S., Gries, R., Mo, L. Z. and Gries, G.** (2001): Pheromone communication and mating behaviour of coffee white stem borer, *Xylotrechus quadripes* Chevrolat (Coleoptera: Cerambycidae). *Applied Entomology and Zoology*, 36:299–309.
- 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.
- Schröder, F.** (1996): Identifizierung und Synthese neuer Alkaloide, Hydroxyketone und bicyclischer Acetale aus Insekten. Ph.D thesis, University of Hamburg, Germany.
- Švácha, P. and Lawrence, J.** (2014): Chapter 2.4 Cerambycidae Latreille, 1802. In: Leschen RAB, Beutel RG (eds) *Handbook of zoology: Arthropoda: Insecta: Coleoptera, beetles*. Vol. 3: Morphology and systematics (Phytophaga). Walter de Gruyter, Berlin/Boston: 77–177.
- 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.

INRASPECIFIC COMMUNICATION IN TWO GEOGRAPHICALLY DISTANT EUROPEAN POPULATIONS OF *PLAGIONOTUS ARCUATUS* SSP. *ARCUATUS* (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE)

Z. Imrei^{1*}, M. A. Molander², I. B. Winde², Zs. Lohonyai^{1,3}, É. Bálintné Csonka¹, J. Fail³, L. M. Hanks⁴, Y. Zou⁵, J. G. Millar⁵, M. Tóth¹ and M. C. Larsson²

¹Plant Protection Institute, Agricultural Research Centre, ELKH, 15 Herman Otto Street, H-1022 Budapest, Hungary

²Unit of Chemical Ecology, Department of Plant Protection Biology, Swedish University of Agricultural Sciences, Box 102, Sundsvägen 14, 230 53 Alnarp, Sweden

³Department of Entomology, Institute of Plant Protection, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, 44 Ménesi Street, H-1118 Budapest, Hungary

⁴Department of Entomology, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, USA

⁵Department of Entomology, University of California, Riverside, CA 92521, USA

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

Plagionotus arcuatus ssp. *arcuatus* (L.) is a common saproxylic cerambycid beetle in most parts of Europe, and is an occasional pest of stored oak wood. We collected headspace samples from adult beetles and conducted field bioassays with the resulting compounds as potential aggregation-sex pheromones. (*R*)-3-Hydroxyhexan-2-one, (*R*)-3-hydroxyoctan-2-one, and (*R*)-3-hydroxydecan-2-one, were consistently present in headspace extracts from male but not female *P. arcuatus* from both Hungary and Sweden. In field bioassays in both countries, the blend of the C₆ and C₁₀ compounds, and the ternary blend both attracted significantly more beetles than the control, while other combinations or single compounds were not significantly attractive. Males and females responded similarly to treatments. Our results demonstrate that (*R*)-3-hydroxyhexan-2-one and (*R*)-3-hydroxydecan-2-one constitute a male-produced aggregation-sex pheromone of *P. arcuatus*, whereas the role of (*R*)-3-hydroxyoctan-2-one remains unclear. Pheromone lures could be developed for monitoring of *P. arcuatus* populations as indicators of ecosystem health.

Keywords: headspace sampling, (*R*)-3-hydroxyhexan-2-one, (*R*)-3-hydroxydecan-2-one, (*R*)-3-hydroxyoctan-2-one, isomerization, Clytini

Érkezett: 2022. július 20.