

Válasz
Bakonyi Gábor, az MTA doktora
Opponensi Véleményére

Először is szeretném megköszönni Bakonyi Gábor professzor úrnak, hogy elvállalta Doktori Értekezésem opponenciáját. Köszönöm a mélyreható elemzést, az elismerő szavakat és a kritikai észrevételeket, de kiváltképpen a gondolatébresztő javaslatokat, kérdéseket.

Válaszomban a kritikai észrevételekre és a kérdésekre fókuszálok, mégpedig abban a sorrendben, ahogyan azok az Opponensi Véleményben szerepelnek.

Opponensem az Értekezésem végigvonuló egységes szemléletmód és a különféle részterületeket képviselő kollegákkal való együttműködés (csapatmunka) elismerése mellett felveti, hogy az etológiai vizsgálatok erőteljesebb bevonása gyümölcsöző lehetne a jövőben. Külön felhívja a figyelmet az egyedi szintű különbségek vizsgálatára Kralj-Fišer és Schuett (2014) essay cikke alapján.

Egyetértek Opponensem felvetésével, hiszen igencsak érdekes területre evezhetünk. Noha a szexferomonok összetétele és a párosodási magatartás-lánc a lepkénél rendkívül pontosan szabályozott, konzervatív jelleg, mégis éppen az eltérő egyedek lehetnek a változó környezeti tényezőkhez történő adaptáció, és ezáltal mikroevolúciós folyamatok forrásai. Szexferomon tekintetében eltérő egyedek meglehetősen ritkán fordulnak elő a populációban (a legtöbbjük hamar kisselektálódik), de a preadaptált, és ennél fogva később, a megváltozott környezeti feltételek között sikeresebb egyedek evolúciós időskálán új vonalak, majd új fajok keletkezéséhez vezethetnek. A lehetséges egyedi eltérések felkutatásában azonban nemcsak olyan tulajdonságokra kell szorítkoznunk, mint a feromon összetétele, hanem számos egyéb jelleget is érdemes tekintetbe venni. Kézenfekvő földrajzilag izolált populációkra, vagy tápnövény rasszokra gondolni, de nagyobb kihívás, és közelebb visz az egyedi különbségek problematikájához, ha szimpatikus populációkban kutakodunk. Amennyiben egy nőstény lepke a bábból történő kikelést követően fiatalabb korban és/vagy korábbi napszakban kezd csalogatni, előnyt fog élvezni riválisaival szemben. Ennek kialakulására az idősebb riválisok által kibocsátott feromon érzékelése (ún. pheromone autodetection) ad lehetőséget (Rehermann et al., 2016.)¹. Azoknál a fajoknál, amelyeknél a nőstények többször párosodnak, különbség mutatkozhat abban is, hogy a párosodást követően milyen hamar képesek ismét feromont termelni, ami szintén előnyt jelent számukra (Konopka et al., 2015; McNeil et al., 1997)^{2,3}. Biotikus és abiotikus tényezőknek a feromonok segítségével történő kommunikációra kifejtett hatásáról szóló írásában

¹ Rehermann, G., Altesor, P., McNeil, J. N., Gonsales, A. (2016). Conspecific females promote calling behavior in the noctuid moth, *Pseudaletia adultera*. Entomol. Exp. Appl., 159: 362-369.

² Konopka, J. K. McNeil, J. N. (2015): Mating status regulates post-mating refractory period in *Striacosta albicosta* females. Entomol. Exp. Appl., 155: 80-85.

³ McNeil, J. N., Delisle, J. Cussion, M. (1997). Regulation of Pheromone production in Lepidoptera: the need for an ecological perspective. P 37-41. In (Cardé, R. T., Minks, A., eds.) Insect Pheromone Research. New Directions. Chapman & Hall, ITP International Thomson Publishing, New York, Albany, Bonn, Boston, Detroit, London, Madrid, Melbourne, Mexico City, Pacific Grove, Paris, San Francisco, Singapore, Tokyo, Washington, pp. 684.

McNeil (1994)⁴ rámutat a különbségekre, arra hogy a populáció nem egységesen reagál, jóllehet nem az egyedi eltérésekre, hanem a populációt alkotó egyedek válaszában mutatózó eloszlásra helyezve a hangsúlyt. Fehér holló a szakirodalomban az olyan tanulmány, amely a szexferomon termelésében mutatózó egyedi különbségekkel foglalkozik. Egy ilyen ritka kivétel Harari et al. (2011)⁵ cikke, amelyben arról számol be, hogy a tarka szőlőfűrt-moly (*Lobesia botrana*) esetében a nagy méretű nőtények több feromont termelnek, és a hímek ezeket a nőtényeket részesítik előnyben.

Opponensem rámutat, hogy a Értekezésemben sok az elütés, betűhiba. Ezt röstelllem, és tudom, hogy ezt azt a körülményt az sem menti igazán, hogy a helyesírás ellenőrző program csak üggyel-bajjal használható a vegyület- és fajnevekkel teletűzdelt szövegben. Persze az már nem a program hibája, hogy az “előzetes vizsgálat” helyett becsúsztott a “pilot study” kifejezés, a “jelleg áthelyeződés helyett” pedig a “character displacement”. Igaza van Opponensemnek abban is, hogy sajnálatos módon az *Agriopsis bajara* Denis & Schiffermüller, 1775 faj tudományos nevét következtetlenül használom, és több helyen a korábban általánosan elterjedt génusz nevet (*Erannis bajaria*) alkalmazom (Vojnits, 1980)⁶. Megjegyzem, hogy a nagy téliaraszó továbbra is az *Erannis* génusz nevet viseli (*Erannis defoliaria* Clerk, 1759). A magyar nevek tekintetében sem könnyű az eligazodás, mivel az *A. bajaria* magyar neve kökény-téliaraszó, míg az Értekezésemben szintén szereplő *Theria rupicaprararia* Denis & Schiffermüller, 1775 faja tavaszi kökényaraszó. Ez azonban nem menti az Értekezésem 4. oldalán fellelhető következtetlen névhasználatot (kökény-téliaraszó helyett helytelenül kökényaraszó olvasható).

Opponensem észrevételezi, hogy az Irodalmi áttekintés fejezet nem csupán a lepkék szexferomonjaival foglalkozik, hanem helyenként tágabb körbe is kitekint. A kevesebb több lett volna, mivel ezáltal sokkal nagyobb hangsúlyt kaphattak volna a feromonokkal kapcsolatos legújabb eredmények, így a 2010 után publikált cikkek ismertetése.

Opponensem észrevétele megszívlelendő. Valóban bátrabban lehetett volna meríteni, legalábbis szemléltetésképpen, az legújabb cikkekből is. A termés valóban rendkívül bőséges. Olyannyira, hogy egy teljesség igénye nélküli, szubjektív válogatás is – rövid megjegyzésekkel – bizonyára sok száz oldalra rúgna. Mégis igaza van Opponensemnek, mivel még egy kis ízelítő is pezsdítő lehetett volna. Ezt nemrégiben meg is tettem (Szűcs, 2017)⁷. Arról azonban bevallom, nehezen mondanék le, hogy a feromonokat elhelyezzem a szemiokémikáliák rendszerében, mint ahogy ezt dióhéjban megtettem a 2.1 – 2.3 pontokban. Nem a teljességre törekvés igénye miatt, hanem azért, mert a természetben a feromonok és az egyéb illatanyagok (pl. tápnövény illatanyagok) egyszerre vannak jelen és egyaránt, sokszor együttesen befolyásolják a lepkék viselkedését.

⁴ McNeil J. N. (1990). Behavioral ecology of pheromone mediated communication in moths and its importance in the use of pheromone traps. Annual Review of Entomology, 36: 407-430.

⁵ Harari, A., Zahavi, T., Thiéry, D. (2011). Fitness costs of pheromone production in signaling females moths. Evolution 65-6: 1572-1582.

⁶ Vojnits, A. (1980). Araszolólepkék I. – Geometridae I. Magyarország Állatvilága, Fauna Hungariae XVI. kötet 8. füzet, Akadémiai Kiadó, pp. 157.

⁷ Szűcs, G. (2017). Feromonkutatás – mit hoz a holnap? Georgikon for Agriculture, 21: 9-15.

Opponensem hiányolja, hogy a diszkusszióban az eredményeimet nem helyeztem tágabb kontextusba. A ribizszeszitkával kapcsolatos eredményeim megvitatásánál különösen is hiányolja, hogy nem térek ki Moziuraitis et al. (2006), a nyárfa gyapjaslepkénél Mori (2007), az aknázómolynál pedig Wang et al. (2015) publikációjára.

A ribizszeszitkával kapcsolatos eredményeim megvitatásánál valóban illő lett volna Mozuraitis et al. (2006)⁸, továbbá Mozuraitis and Buda (2013)⁹ cikkére hivatkoznom, mégpedig nem is azért, mert gyakorlatilag megerősítik a ribizszeszitkár szexferomonjának összetételére vonatkozó korábbi két cikkemben közöltek (Szócs et al., 1990, Szócs et al., 1991.)¹⁰, hanem azért, mert az egyik komponensről kimutatták, hogy interspecifikus vonatkozásban inhibitora a *Synanthedon scoliaeformis* fajnak, amely ott a ribizszeszitkával együtt fordul elő. Ez mindenképpen figyelemreméltó, és ezért a fenti két cikket szerencsés lett volna idéznem, annak ellenére is, hogy a *S. scoliaeformis* faj még nem volt ismeretes hazánkból, amikor én a kísérleteimet a ribizszeszitkán végeztem. 2008-ban találták meg hazánk nyugati szegletében először (Fazekas, 2008; Predovnik, 2008)¹¹.

Mori (2007)¹² összefoglaló (review) cikke a királis feromonokról kétségkívül a szakirodalom gyöngyszeme. A sztereokémiai indítatású mű egész szerkezetén, mondanivalóján a feromon-komponensek kiralitása és biológiai aktivitása közötti kapcsolat (serkentés vagy gátlás) a meghatározó. A vegyületek és funkció szerinti csoportosításnál a legkülönbözőbb taxonokig jutunk el az emlősöktől a rovarokig. Mégis, a legtöbb példa rovarokkal kapcsolatos. Ezen belül a bogaraké a fő szerep, de a kétszárnyúak és a lepkék képviselői is kellő súllyal jelennek meg (az utóbbiak vonatkozásában több cikkünket is idézi). Lényegre törő megfogalmazásban a biológiai hatást alapvetően három csoportba sorolja (serkentő, gátló, egyik sem). Mégis, ez a három szó – a feromon kiralitásához rendelve – hallatlanul értékes információt hordoz. Azok a példák pedig, ahol az összefüggéseket néhány mondatban világítja meg, nemcsak a vegyészek, hanem a biológusok számára is tanulságosak. Sajnálom, hogy Értekezésemben ezt a művet nem idéztem.

Wang et al. (2015)¹³ cikke elegáns munka, amely egy ősi családba (Heliozelidae) tartozó molylepke faj szexferomonjának az azonosításáról szól, és ezért odakívánczik Értekezésem Megvitatás fejezetének azon részéhez, amely a szintén egy ősi családba (Tischeriidae) tartozó molylepke, a sörtés tölgyaknázómoly

⁸ Mozuraitis, R., Karalius, V., Buda, V., Borg-Karlson, A-K. (2006) Inter- and intraspecific activities of compounds derived from sex pheromone glands of currant borer, *Synanthedon tipuliformis* (Clerck) (Lepidoptera: Sesiidae). Zeitschrift für Naturforschung 61c: 278-284.

⁹ Moruraitis, R., Buda, V. (2013). Intra- and interspecific activities of semiochemicals from the sex pheromone gland of the Welsh clearwing, *Synanthedon scoliaeformis*. Journal of Chemical Ecology, 39: 1066-1069.

¹⁰ A bibliográfiai adatokat lásd az Értekezésben!

¹¹ Fazekas, I. (2008): Occurrence of *Synanthedon scoliaeformis* (Borkhausen, 1789) in W Hungary (Microlepidoptera: Sesiidae). - Acta Naturalia Pannonica 3, Suppl. 2: 168-168.

Predovnik, Ž. (2008): *Synanthedon scoliaeformis* (Borkhausen, 1789) (Lepidoptera: Sesiidae) in NE Slovenia and W Hungary. Acta Entomologica Slovenica, 16: 137-144.

¹² Mori, K. (2007). Significance of chirality in pheromone science. Bioorganic & Medicinal Chemistry 15: 7505-7523.

¹³ Wang, H-L., Geertsema, H., van Nieukerken, E. J., Löfstedt, C. (2015). Identification of the female-produced sex pheromone of the leafminer *Holocacista capensis* infesting grapevine in South Africa. Journal of Chemical Ecology, 41: 724-731.

feromonjának azonosításáról tudósít (Molnár et al., 2012)¹⁴. Annál is inkább odakívánczik, mivel Wang et al. (2015) cikkének 5. ábrája egy kis törzsfa-részletet mutat be a szóbanforgó családokról. A cikk is, és ez az ábra is idézi ezt a munkánkat, és még továbbiakat is, például azt, amelyben elsőként írtunk le szexattraktánszt a Heliozelidae család egy faja számára, méghozzá olyan szexattraktánszt, amelynek szerkezete megegyezik Wang és munkatársai által azonosított feromon egyik komponensével (Tóth et al., 1992)¹⁵. A fentiek alapján egyetértek Opponensemvel, hogy helyénvaló lett volna idézni Wang cikkét. Ugyanakkor a szóbanforgó két család (a Heliozelidae és a Tischeriidae családokról van szó) egymástól taxonómiai értelemben jól elkülönül. Továbbá a Heliozelidae család szóbanforgó fajánál Wang et al. (2015) olefin acetát típusú feromon-komponenseket határozott meg, amely a legáltalánosabban elterjedt feromontípus a lepkéknél, míg saját munkánkban a Tischeriidea család egy fajánál - elsőként és egyedülállóként – polién típusú feromont határozottunk meg. Így az Értekezés megvitatásának ez a része kétségtelenül teljesebb és szebb lehetett volna a fenti hivatkozással, ám a jelenlegi, lakonikusan tömör formájában is érthető és adekvát.

Opponensem kérdéseire a válaszaim a következők:

1. Kérdés:

A szexferomonokkal kapcsolatos kommunikáció igen finoman hangolt szabályozást tételez fel. Várható ezért, hogy az evolúciós során a stabilizáló szelekció működik. Hogyan lehet ennek fényében a ribizszeszitkár (Synanthedon tipuliformis) szexferomonjának polimorfizmusával kapott eredményeit magyarázni?

Válaszom:

Valóban, a szexferomonokkal történő kommunikáció genetikailag nagyon pontosan szabályzott, mind a kibocsátó (a nőstény lepke feromon-bioszintézise és jelzése), mind pedig a felfogó (a hím lepke feromon-érzékelés és válaszreakciója) oldaláról, és az esetleges változásokkal szemben stabilizáló szelekció működik. Ennek ellenére a kommunikációs rendszerben bekövetkezhetnek olyan változások, amelyek aztán reprodukív izolációhoz és idővel új faj kialakulásához vezethetnek. A folyamat feltétele, hogy a szexferomon összetételében és a feromon-érzékelésben egymással összhangban következzen be egymásnak megfelelő (kompatibilis) változás. Például, ha egy lepkefaj nősténye (pl. mutáció révén) eltérő összetételű szexferomont termel, akkor indulhat el a folyamat, ha a fajtárs hímek között fellép olyan mutáns, amely előnyben részesíti a megváltozott összetételű feromont az addigival szemben. Így nyílik esélyük a mutáns jellegek örökítésére, mely jellegek hasonlósági csoportokon belüli párosodásával (ún. asszortatív mating) segítségével felszaporodhatnak. Amennyiben valamilyen okból a mutánsok életképesebbek, mint a populáció többi része (például, mert a környezet olyan irányban változik, amely a mutánsoknak kedvez, vagy egyszerűen a mutánások jobban tudnak alkalmazkodni a fennálló ökológiai viszonyokhoz), akkor - a stabilizáló szelekcióval szemben - elindulhat a szimpatrikus fajképződés folyamata. A kritikus kezdeti lépés éppen a stabilizáló szelekció miatt nehezen képzelhető el kis, adaptív lépések sorozataként, hanem sokkal inkább egy-egy jelentősebb változás következményeként jöhet létre (Roelofs

¹⁴ A bibliográfiai adatokat lásd az Értekezésben!

¹⁵ Tóth, M., Szűcs, G., Sziráki, Gy. Sauter, W. (1992). Sex attractants for male Microlepidoptera found in field trapping tests in Hungary. Journal of Applied Entomology 113: 342-355.

et al., 2002)¹⁶. A ribizkeszitkár Ausztráliába történő behurcolása (ez valószínűleg nem sokkal 1926 előtt történhetett) feltehetőleg kis számú egyed révén valósult meg (hernyóként, ribizske szaporítóanyagban), amelyek jó eséllyel Anglia vagy Hollandia egy meghatározott területéről származtak. Amennyiben azt tételezzük fel, hogy az eredeti európai populációban is jelen volt a feromon polimorfizmus, és az egykomponensű feromon-vonalat hurcolták be, akkor könnyen magyarázható a jelenség. Annak azonban, hogy Angliában vagy Hollandiában élne ilyen populáció, vizsgálataim során nem találtam jelét (Szöcs et al., 1991)¹⁷. Bár ez a lehetőség továbbra sem zárható ki teljes bizonyossággal, különösen addig nem, amíg egyedi nőstények feromon-összetételét, illetve hímek válaszában preferenciáját nem vizsgáljuk meg nagy sorozatokon, hajlom arra a feltételezésre, hogy az Ausztráliába behurcolt populáció elvesztette a kisebbik feromon-komponens iránti érzékenységet. Ennek bizonyítására újra kellene vizsgálni az ottani populáció feromon összetételét. Erre irányuló kezdeményezésemhez (2000) sajnos nem sikerült megfelelő helyi együttműködőt bevonnom. A megfelelő vizsgálatok hiányában olyan feltételezésekkel élhetünk, mint például, hogy az Ausztráliában a termesztett ribizsketáblához kötött szitkár populáció kémiai kommunikációja a főkomponens segítségével is megvalósult, így a kisebbik komponens használatát nem erősítette meg stabilizáló szelekció (szemben az Európában különféle tápnövényeken élő populációkkal, amelyek változatos élőhelyeken fordulnak elő, ahol lehetnek olyan egyéb lepkefajok is, amelyek szexferomonjában szintén megtalálható a ribizkeszitkár főkomponense).

2. Kérdés:

Mennyire jellemző a lepkénél, különös tekintettel a vizsgált fajokra, a feromonkeverékek intraspecifikus variációja? Mi lehet a variabilitás gyakorlati következménye?

Válaszom:

Rendkívül kevésbé, éppen az Opponensem által is említett stabilizáló szelekció miatt. Ami evolúciós időskálán gyakori, az egy adott pillanattfelvételen meglehetősen ritka. Ritka, de azért korántsem példanélküli. Klasszikus példa a kukoricamoly, ahol a feromon-polimorfizmust (Z- és E- feromon törzs) már 1975-ban leírták (Kotchansky et al., 1975)¹⁸. Bár Értekezésembe nem vettem be, de a két törzs feromon-termelését mi is vizsgáltuk (Kárpáti et al., 2007)¹⁹, sőt expressziós markert is azonosítottunk (Király and Szöcs, 2009)²⁰. Természetesen mindegyik törzs csak a megfelelő összetételű szintetikus feromonnal csapdázható. Azazhogy csapdázható lenne, de ismeretlen okból (tehát nem a törzsekre jellemző feromon-összetételben meglévő különbség miatt) a Z- törzs előrejelzésére szolgáló feromoncsapdák Európa szerte

¹⁶ Roelofs, W. L., Lui, W., Hao, G., Jiao, H., Rooney, A. P., Linn, C. E., (2002). Evolution of moth pheromone via ancestral genes. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99: 13621-13626.

¹⁷ A bibliográfiai adatokat lásd az Értekezésben!

¹⁸ Kochansky, J., Cardé, R. T., Lieberr, J., Roelofs, W. L. (1975). Sex pheromone of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera, Pyralidae), in New York. Journal of Chemical Ecology, 14: 1359-1366.

¹⁹ Kárpáti, Zs., Molnár, B., Szöcs, G. (2007). Pheromone titer and mating frequency of E- and Z-strains of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*: fluctuation during scotophase, and age dependence. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 42: 331-341.

²⁰ Király, L., Szöcs G. (2009). Diagnostic marker for E-and Z-strains of *Ostrinia nubilalis*, expressing differentially in larval $\Delta 11$ desaturase transcript. Journal of Applied Entomology, 133. 272-277.

nem mutatkoznak megfelelő vonzókéességűnek ahhoz, hogy a gyakorlati előrejelzésre lehessen használni (Szöcs and Babendreier, 2011)²¹.

Az alapkérdéshez visszatérve a sor még néhány szerintem nagyon érdekes példával folytatható. Ezek közül egyet emelek ki. Byers és Struble (1990)²² mutatta ki, hogy a *Feltia jaculifera* bagolylepke fajnál is két morfológiai megkülönböztethetetlen, de feromon-összetétel szerint két különböző törzs létezik.

3. Kérdés

A kökény-téliaraszoló (Erannis bajaria) esetében leírt új feromon-bioszintézis út leírását 10 évvel ezelőtt publikálta. Milyen további eredmények születtek azóta ezen a területen?

Válaszom:

Rovartani vonatkozásban több olyan lepkefaj szexferomonjának bioszintézisét is tanulmányozták, amelyek feromonja polién típusú. Matsuoka et al. (2008)²³ egy medvelepke és egy araszlólepke feromonjának bioszintézisét tanulmányozta. Az általuk feltárt lépések a "szokásos" polién bioszintézis útba illenek, amelyben, bár a Szerzők nem említik explicit módon, a már jól ismert dekarboxiláció szerepel (az *Erannis bajaria* esetében általunk talált α -oxidáció pedig nem). Első ránézésre sokkal érdekesebbnek tűnik az amerikai medvelepke (*Hyphantria cunea*) feromon bioszintézisének feltárása (Kyota et al., 2011)²⁴, hiszen a négy feromonkomponensből kettő páros szénatomszámú, kettő pedig páratlan. A páros szénatomszámú komponensek a feromonmirigyben képződnek, míg a páratlanok az oenocytákban. Reményünk, hogy α -oxidáció szerepelhet, a páros komponensek bioszintézisének lehetne, ám ezesetben sem erről van szó, hiszen alkohol köztesterméken keresztül láncrövidülés nélkül (a trién esetében egy deszaturációs lépés segítségével) jutunk el az aldehid végtermékekig. Érdekessége miatt megemlítem, hogy az *Amyelois transitella* (Pylalidae) feromonkomponenseinek bioszintézise két úton történik: a 16-os szénláncú komponens szintézise az olefin-acetát típusú feromonokra jellemző utat követi (palmitiv savból kiindulva), míg a két 23-as ill. 25-ös láncú polién komponens a rájuk jellemző, linolénsavból kiinduló utat. Az utóbbi esetben a szokásos módon történik a bioszintézis, vagyis nincsen α -oxidációs lépés (Wang et al., 2010)²⁵.

A rovtartani vonatkozásokon kívül sokkal izgalmasabb lehetne, ha kapcsolódási pontokat sikerülne találni human biokémiai területtel, hiszen az α -

²¹ Szöcs, G., Babendreier, D. (2011). Analysis of questionnaire regarding pheromone traps for the Z-pheromone strain of European corn borer. IWGO Newsletter 31: 4-7.

²² Byers, J. R., Struble, D. L. (1990). Identification of sex pheromones of two sibling species in dingy cutworm complex, *Feltia jaculifera* (Gn.) (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Chemical Ecology, 16: 2981-2992.

²³ Matsuoka, K., Yamamoto, M., Yamakawa, R., Muramatsu, M., Naka, H., Kondo, Y., Ando, T. (2008). Identification of novel C20 and C22 trienoic acids from Arctiid and Geometrid female moths that produce polyenyl Type II sex pheromone components. Journal of Chemical Ecology 34: 1437-1445.

²⁴ Kiyota, R., Arakawa, M., Yamakawa, R., Yasmin, A., Ando, T. (2011). Biosynthetic pathways of the sex pheromone components and substrate selectivity of the oxidation enzymes working in pheromone glands of the fall webworm, *Hyphantria cunea*. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 41: 362-369.

²⁵ Wang, H.-L., Zhao, Ch.-H., Millar, J., Cardé, R. T., Löffstedt, C. (2010). Biosynthesis of unusual moth pheromone components involves two different pathways in the navel orangeworm, *Amyelois transitella*. Journal of Chemical Ecology, 36: 535-547.

oxidációs lépés sérülése okozati kapcsolatban áll az örökletes Refsum betegséggel (Matsunaga et al., 1997)²⁶.

4. Kérdés:

Milyen sűrűségtől függő hatások mutathatók ki a vadgesztenyelevél-aknázómoly (Cameraria ohridella) szexferomonnal történő kommunikációjában és/vagy a szexferomonnal történő csapdázási hatékonyságban?

Válaszom:

Osszuk a kérdést két részre! Ami a faj kémiai kommunikációját illeti, induljunk ki abból, hogy még kivételesen nagy populáció sűrűség esetében is a nőstények egyesével, külön-külön, tehát nem csoportosan csalogatnak (ellentétben egyes újlégi medvelepke fajokkal, amelyek egy sajátságos párosodási magatartáslánc egyik elemeként valóban csoportosan csalogatnak). Egy vadgesztenyelevél-aknázómoly nőstény más lepekfajokhoz viszonyítva is rendkívül kis mennyiségben bocsát ki feromont (pikogrammokról van szó, a más fajknál észlelt nanogrammokkal szemben), ezért minden bizonnyal diszkrét jelekről van szó, amelyek elkülönülten terjednek a levegőben, és nem okoznak zavart (konfúziót) abban, hogy a hímek megtalálják a feromonforrást (a nőstényt). Nincs tudomásunk, bár nem is zárható ki, hogy autodetekció szabályozná, hogy az egyes nőstények milyen mennyiségű feromon termeljenek más nőstények jelenlétében. Sajnos ennél a fajnál a legmodernebb műszerek méréshatárát messze nem éri el az egyes nőstények által termelt feromon mennyisége, így egyelőre nincs lehetőségünk arra, hogy közvetlenül megmérjük, vajon a kibocsátott feromon mennyiségének növelésével, vagy éppenséggel a csökkentésével reagálnak-e a nőstények a fajtársaik tömeges jelenlétére. A feromon-szerkezet meghatározása során sokszáz nőstényből kellett kivonnunk a feromont, hogy ne csak a csápdetektor, de a lángionizációs detektor és a tömegspektrométer is érzékelje azt (Francke et al., 2002)²⁷.

Ami a kérdés másik felét illeti, érdekes és vizsgálatra váró probléma, hogy a feromoncsapdák fogás adatai milyen tartományban képesek lineárisan követni a kártevő populációsűrűségét. Az nyilvánvaló, hogy a vadgesztenyelevél-aknázómoly esetében a mennyiségi viszonyok jobb megértéséhez a nagy fogókapacitású csapdatest típusok közül célszerű válogatnunk. Ezekről sem várhatjuk azonban, hogy a csapdák gyűjtődényének telítettsége ne befolyásolja a továbbiakban befogásra kerülő egyedek számát. A többváltozós problémát jelölés-visszafogós módszerrel lehetne megközelíteni, külön-külön kezelésnek véve a fogódény eltérő telítettségi szintjeit a kísérlet megkezdésekor. Megemlítem, hogy a gyakorlati előrejelzésnél a védekezés időzítése az elsődleges, és ehhez, ha elkerüljük a csapda telítődését, rajzágörbe lefutása, a lefutás iránya (csökkenés, növekedés) akkor is megfelelő támpontot szolgáltathat, ha az nem áll feltétlenül lineáris kapcsolatban a rajzó hímek számával.

Hozzáteszem, hogy Értekezésemben 5.5.10. pontjában (és az ehhez kapcsolódó 28. ábrán) bemutatott kísérletekben a megfelelően érzékeny, ugyanakkor minél kevesebb szintetikus feromont tartalmazó kibocsátó kifejlesztése volt a cél,

²⁶ Matsunaga, I., Yokotani, N., Gotohi, O., Kusunose, E., Yamada, M., Ichihara, K. (1997). Molecular cloning and expression of fatty acid α -hydroxylase from *Sphingomonas paucimobilis*. The Journal of Biological Chemistry, 272: 23592-23596.

²⁷ A bibliográfiai adatokat lásd az Értekezésben!

vagyis arra nem terjedtek ki a vizsgálataim, hogy a fogódény telítődésével miként csökkenhet a csapda hatékonysága.

5. Kérdés:

A szexferomonok alkalmazása a növényvédelemben messze elmarad a kémiai védekezésben használt anyagokétól. Milyen alapkutatósi, biológiai, ökológiai (tehát nem gazdasági, vagy hatásági) lépések lennének szükségesnek, hogy a helyzet változzék, és nagyobb arányú legyen a szexferomonok mezőgazdasági felhasználása?

Válaszom:

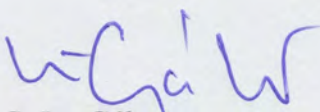
Amennyiben az előrejelzést is alkalmazásnak vesszük, talán nem is olyan rossz a helyzet, legalábbis a régóta ismert, őshonos kártevő lepkéfajok vontakozásában. Viszont a közvetlen védekezés tekintetében valóban nagy a lemaradás, különösen hazánkban. Térjünk vissza az elsőre! Hazánk több rovar-vándorlási / terjeszkedési útvonal kereszteződésében áll, így nem meglepő, hogy évről évre nagy számban érkeznek invazív fajok. Ezek egy része mezőgazdasági kártevő, vagy kártevővé válhat. Közülük soknak még egyáltalán nem, vagy nem kellően ismert a feromonja. Ígyhát sem feromoncsapda, sem pedig feromonokon alapuló védekezési módszer nem áll rendelkezésre. Ha pedig a gazdának az egyik kártevő esetében lehetősége van ugyan feromonok alkalmazására, de a másik kártevőnél nem, akkor gyorsan kell döntenie, és gyakran egységesen a vegyszeres védekezést válassza. Ezzel szemben egy új kártevő feromonszerkezetének a meghatározása sok éves, buktatókkal tarkított kutatást igényel. Itt a kutatás egyik szűk keresztmetszetét a megfelelő analitikai és szintetikus feromonkémiai kutatók és laborok hiánya jelenti. Pedig a feromonkutatásnak a színvonalas kémiai munka az egyik pillére. Egy biológus hasonlattal élve, biodiverzitás vizsgálatot is bajos lenne végezni a fajok megbízható meghatározása nélkül. Hozzáteszem, hogy a még ismeretlen feromonkomponensek kémiai azonosítása és megfelelő tisztaságban történő szintézise más rovarrendekbe tartozó kártevők esetében még sokkal szembeszökőbb probléma, mint a lepkénél. A gyakorlatban pedig a védekezést természetesen nem lehet a kártevő lepkék elleni védekezésre korlátozni.

Más jellegű problémák is adódnak. A lepkénél az imágó életszakasz általában rövid ideig tart, amelyet leginkább a feromonok vezérelte párosodásra fordítanak. Ezzel szemben bogaraknál például különösen fontos az életsiklus pontos ismerete, hiszen sok fajnál az imágó életszakasznak csak egy viszonylag rövid, meghatározott részére korlátozódik a párosodás. Ugyancsak bogaraknál, de másutt is, a kémiai ingereken (feromon, tápnövény kairomon) kívül akusztikus és/vagy vizuális ingerek is meghatározó módon vesznek részt a párosodási magatartás-láncban. Ezek együttes vizsgálata hozhat csak sikert.

Továbbá, a növényvédelem színterei az agroökoszisztémák (és egyre gyakrabban a városi ökoszisztémák is), a beavatkozások pedig az adott életközösségek populációit érintik. Ezért az ökológiai- és populációdinamikai kérdésekkel foglalkozó kollegákkal való együttműködés fontossága nyilvánvaló.

Kérem válaszaim szíves elfogadását!

Budapest, 2017. március 7.


Szűcs Gábor