

## A NAGYÍTÓLENCSETŐL A BIOSZENZOROS GÁZKROMATOGRÁFIG: A MAGYAR FEROMONKUTATÁS HÁROM ÉVTIZEDE\*

Szőcs Gábor és Tóth Miklós

MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, 1525 Budapest, Pf. 102.

*A feromonkutatás mint önálló új szakterület kezdetét az első feromonmeghatározás dátumához kötik (1959). A hazai feromonkutatás is nemsokára megkezdődött (1975). A laboratóriumi infrastruktúrát igénylő feromonkutatás hazánkban az MTA Növényvédelmi Kutatóintézete Állattani Osztályához kötődik. Az indulást követően ki kellett építeni a legszükségesebb, alapvető, speciális berendezéseket, műszereket. Ezek közül a legfontosabbak a légtérből történő feromon-visszafogást szolgáló berendezés (egyik típusa az ún. CLSA), a csápválaszt mérő elektroantennográf (EAG), a feromont specifikusan jelző bioszenzoros gázkromatográf (GC-EAD), valamint a feromonra adott viselkedési (irányított repülési) válaszreakció mérését lehetővé tevő rovar-szélcsatorna (FT).*

*Az interdiszciplináris, hazai és nemzetközi együttműködések keretében elért eredmények közül kiemeljük, hogy mintegy félszáz rovarfaj (többségükben jelentős mezőgazdasági kártevő) szexferomonjának összetételét sikerült elsőként meghatározni és a gyakorlati előrejelzés számára csapdát kifejleszteni (CSALOMON®-csapdacsalád). Számos esetben tártuk fel, hogy milyen szerepet töltenek be a feromonok bizonyos rovarfajok reproduktív izolációjában, hogyan járulnak hozzá szimpatrikus, ill. földrajzilag izolált helyzetekben a szóban forgó (testvér)fajok speciációjában.*

*A faunisztikai újdonságot a hazai faunára új fajok megtalálása, a taxonómiai eredményt pedig egy tudományra új genusz első fajának leírása fémjelzi. További eredményként kemotaxonómiai elemzések születtek, új feromonbioszintézis-utat tártunk fel, és feromonvonalhoz kötődő molekuláris markert írtunk le. A kártevő rajzásakor a tápnövény fajtáinak eltérő fenofázisa és a kártétel mértéke közötti összefüggés feltárásával foglalkozó esettanulmányunk a védekezési döntés meghozatalát segíti.*

*A hazai feromonkutatás fejlődését dióhéjban felvázoló írásunkban egy gondolat erejéig kitekin-tést tettünk Európára: felhívtuk a figyelmet arra, hogy a biológiailag aktív molekulák (feromonok) azonosítása végett erős a nemzetközi verseny, hiszen szabadalmaztatható, piacképes termékről van szó. A feromonkutatás megfelelő finanszírozása tehát a versenyszféra érdekeit is szolgálja hivatott.*

**Kulcsszavak:** feromon, elektroantennográf, bioszenzoros gázkromatográf, rovar-szélcsatorna, speciáció, reproduktív izoláció, faunisztika, kemotaxonómia, előrejelzés, csapdázás

A feromonok kutatása kísérleteken alapszik. Az új, ismeretlen szerkezetű feromonok feltárá-sához, azonosításához műszerekre, mégpedig speciális és drága műszerekre van szükség, to-vábbá vegyszerekre, olyanokra, amelyek rend-kívül tiszták, a biológiai hatást lerontó szennye-

ző anyagoktól mentesek. Érthető tehát, hogy a feromonkutatáshoz laboratóriumi, kutatóintéze-ti háttérre van szükség, még akkor is, ha a sza-badföldi kísérletek során sok-sok kísérletet – rovarászszívet megörvendezettő módon – tere-pen végez a kutató. Nem csoda tehát, ha a

\*A Magyar Tudományos Akadémián, a *100 éves a Magyar Rovartani Társaság* című tudományos előadói ülésen (2010. november 19.) elhangzott előadás bővített szövege.

feromonkutatás hazánkban is kutatóintézethez kötődik. A magyar feromonkutatás a MTA Növényvédelmi Kutatóintézet (MTA NKI) (akkori nevén: Növényvédelmi Kutatóintézet) Állattani Osztályán kezdődött, itt terebélyesedett ki, és ma is alapvetően itt folyik.

A Magyar Rovartani Társaság 1910-ben alakult meg. A feromonkutatás, mint diszciplína viszont ennél jóval fiatalabb. Világszerte elterjedt nézet, hogy születését az első sikeres feromon meghatározáshoz kötik. Butenandt és munkatársai 1959-ben közölték a selyemlepke feromonjának szerkezetét. Innen datáljuk tehát a modern feromonkutatást. A metodikai nehézségeket jól jelzi, hogy 1970-ig mindössze 5 további faj (valamennyi a lepkék rendjéből került ki) feromonját sikerült azonosítani (forrás: Arn és mtsai 1986).

A magyar entomológia rendkívül gyorsan reagált a kor kihívására. Jermy Tibor akadémikus inspirálására az MTA NKI Állattani Osztályán lelkes fiatalok vágta neki az ismeretlennek: felfedezni a rovarok kémiai kommunikációjának rejtélyes világát. A lendületes munka tehát beindult, és az első, nemzetközi szintű eredmények is hamarosan megszülettek. Szentesi Árpád, Tóth Miklós és Dobrovolszky András (1975) büszkén számolhatott be arról, hogy sikerült bebizonyítani, hogy a káposzta-bagolylepke (*Mamestra brassicae*) is használt szexferomont (kivonás, elválasztás töltött oszlopon, bioteszt). Nemsokára a kis téliaraszoló (*Operophtera brumata*) esetében is hasonló eredményekről jelent meg közlemény (Szócs és Tóth 1978). Az igazi áttörés, az első hazai kémiai azonosítás az MTA NKI Állattani Osztálya és a BME Szerves Kémiai Tanszéke együttműködése nyomán született: Novák Lajos, Tóth Miklós, Balla János és Szántay Csaba (1979) azonosították a (Z)-hexadec-11-én-1-il acetátot (Z11-16Ac) mint a káposzta-bagolylepke szexferomonjának főkomponensét. A hazai tudományos közvélemény tájékoztatását, valamint a gyakorlati hasznosítás lehetőségeit is szem előtt tartva jelentetett meg egy tanulmányt magyar nyelven Jermy Tibor, Varjas László és Tóth Miklós (1978).

A hőskorban az MTA NKI Állattani Osztályán korántsem álltak rendelkezésre olyan műszerek, amelyek már akkor természetes tartozékai

voltak a nálunknál gazdagabb országok feromonlaboratóriumainak. Sőt, sokszor a legegyszerűbb kellékek is hiányoztak. Szükség volt hát leleményre, hogy megbízható eredményeket lehessen felmutatni. Egy  $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$  biztosító mélyhűtőt, amelyben a feromonokat tárolhattuk, hamar sikerült ugyan beszerezni, ám például néhány milliliteres üvegcséket, amelyek kupakkal zárhatóak lettek volna, már nem. Pedig az illatanyagok tárolásához még ilyen alacsony hőmérsékleten is ilyen üvegcsékre lett volna szükség, mégpedig inert, teflon bevonatú kupakkal. Ezért kezdetben házilagos kivitelben alufólia borítással láttuk el az üvegcséket lezáró dugót.

A hazai feromonkutatás fellendítéséhez, a feromon kivonásához, valamint a kivonat és szintetikus feromonkomponensek elektrofiziológiai és viselkedési vizsgálatához elengedhetetlen alpműszerekre/berendezésekre volt szükségünk. Tekintve, hogy ilyen jellegű műszerek hazánkban sehol sem álltak rendelkezésre, így a szakirodalomra, valamint az 1980-as évektől – az örömdetesen megnyíló lehetőségeknek köszönhetően – egy-egy tanulmányutunk tapasztalataira támaszkodhattunk. **A következő felsorolt berendezések/műszerek** – tudomásunk szerint – **csak az MTA NKI Állattani Osztályán található meg és működnek hazánkban.**

#### *Feromon visszafogása a légtérből*

A kezdetektől mindmáig alkalmazott közvetlen feromonmirigy-kivonatok sok faj esetében nem vagy csak nehézkesen készíthetőek (pl. időigényes, nehézkes preparálás). Lehetőség van azonban arra, hogy a feromont termelő egyedeket zárt térben tartva az általuk kibocsátott feromont a légtérből visszagyűjtsük, oly módon, hogy a feromont tartalmazó levegőt megfelelő szűrőn hajtjuk át. Az egyszerű alapelv technikai megvalósítása azért jelent mégis kihívást, mert tüt kell a szénakazalban megtalálnunk: a feromon roppant kis mennyiségben van csak jelen (a főkomponens mennyisége, fajtól függően, például sokszor csupán néhány nanogramm nőstényeként), de számolnunk kell azzal, hogy számos „szennyező” anyag (pl. nem feromon jellegű anyagcseretermékek) nagyságrendekkel na-

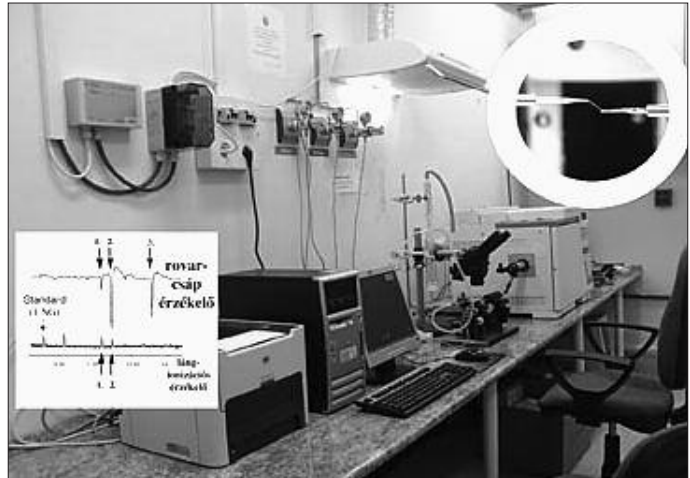
gyobb mennyiségben kerülnek a szűrőre. Erre tekintettel először a nyílt, majd a zárt rendszert honosítottuk meg, különös tekintettel a szűrő és az egész berendezés tisztítási technológiájára.

### Elektroantennográf (EAG)

Az egyik ivar által termelt feromont a faj ellenkező ivarú egyedei a csápjukon található, erre specializálódott érzékszőrökkel fogják fel. Lehetőség van arra, hogy a feromonnal történő ingerlés hatására a csáp alapi és csúcsi vége között keletkezett akciós potenciált elvezessük, mérjük. Erre szolgál az elektroantennográf. Kezdetben egy orvosi használatból kiselejtezett, és házilagosan átalakított EKG-készüléket használtunk (köszönet Sturmán Sándornak), amelyet aztán több évi használat után váltottunk fel egy rovarfiziológiai célra gyártott EAG-készülékre. Ennek használatáról a Növényvédelem hasábjain már szoltunk, így itt most csak utalunk Vuts és Tóth (2008) cikkére.

### Bioszenzoros gázkromatográf (GC-EAD)

Egy gázkromatográf (GC) és egy elektroantennográf összekapcsolása oly módon, hogy ez utóbbi a GC lángionizációs detektorjával szimultán működjék mint detektor (EAD). A GC a feromonkivonatot választja szét összetevőire, de hogy a sokszor seregni anyag közül (itt is: tú a szénakazalban!) melyik a feromon, nos ennek feltárásában segít az EAD (alapelvét lásd: Arn és mtsai 1975). Először egy magyar-amerikai közös projekt során sikerült Prof. J. H. Tumlinson (USDA, Gainesville, Fl.) segítségével beszerezni és beüzemelni egy ilyen készüléket, majd pedig az évek múlásával egy újabb, modernbb készüléket (GVOP-3-2-1-2004-04-0153/3.0) (1. ábra). Ez utóbbi olyan szoftverrel van ellátva, amely kompatibilis olyan európai feromonlaboratóriumok hasonló készülékeivel, amelyekkel szoros kapcsolatban állunk.



1. ábra. Az MTA NKI Állattani Osztályának új bioszenzoros gázkromatográfja (GVOP-3-2-1-2004-04-0153/3.0) Az inszert fénykép az kapillárisüveg-elektrodok közé felpreparált csápot mutatják.

(Foto: Molnár Béla)

### Rovar-szélcsatorna

A feromon által kiváltott, a forrás irányába történő aktív helyváltoztatás (repülés) mérésére szolgáló berendezés (Miller és Roelofs 1978). Az egyszerű alapelv technikai megvalósítása azonban nem csekély kihívást jelentett. Mindekelőtt gondoskodni kell, hogy a szélcsatorna belsejében a levegő áramlása lineáris legyen, továbbá, hogy a feromontartalmú levegő ne kerülhessen vissza a rendszerbe. Ahhoz, hogy a feromonforrás irányába valóban repüljön is a feromont felfogó rovar (pl. hím lepke) elengedhetetlen, hogy a légáramlás mértéke (légssebesség a cső belsejében) a vizsgálni kívánt faj „szokásához” igazodjék. Így például a rendkívül jól repülő gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera*), amely a természetben a vándorlása során nemcsak hogy nagy távolságra jut el, de gyors repülésre is képes (a lepkéhálós gyűjtő futva sem éri utol), a feromonforrás irányába nem repül fel, ha a szél sebessége az 1,2–1,3 m/s-ot meghaladja (saját megfigyelés). Továbbá, a válaszreakció csak a megfelelő napszakban váltható ki. Fontos ezenkívül a megfelelő páratartalom is. Ennek megfelelően olyan szélcsatornát építettünk, amelyben a légssebesség a 0,5–1,3 m/s tartományban

tized m/s pontossággal szabályozható, a megvilágítás az 5 luxot nem haladja meg, továbbá bizonyos határok között a hőmérséklet és a páratartalom is szabályozható.

### Együttműködések

A feromonkutatás interdiszciplináris jellegéből adódóan együttműködések hálózatát építettük ki országon belül és kívül egyaránt. Az együttműködő szervezetek/intézetek közül itt most csak példaként néhányat említünk meg, szakterületi csoportosításban.

#### *Faunisztika, taxonómia, szisztematika*

Magyar Rovartani Társaság  
Magyar Természettudományi Múzeum  
Allattára

#### *Kártételi góccok, gradológia*

„Növényvédelmi Állomások” (mai nevükön MGSZH NTI) (Központ és szinte valamennyi megyei állomás)  
Mezőgazdasági Egyetemek Növényvédelmi ill. Rovartani Tanszékei (valamennyi hazai)  
Erdészeti Tudományos Intézet  
Fővárosi Kertészeti Non-profit Zrt.  
Állami Gyümölcs- és Dísznövénytermesztési Kutató-Fejlesztő Közhasznú Non-Profit Kht.

#### *Kémiai szerkezetmeghatározás / feromon-komponensek szintézise*

BME Szerves Kémiai Tanszék  
Institut für Organische Chemie, TU Braunschweig, Braunschweig, Németország  
MTA Kémiai Kutatóközpont Kémiai Intézet  
NRI University of Greenwich, Chatham Maritime, UK  
Institut für Organische Chemie, Universität Hamburg, Németország  
USDA ARS Beltsville Research Station, Beltsville, MD, U.S.A.  
USDA ARS Gainesville Research Station, Gainesville, FL, U.S.A.

#### *Feromon / Kémiai ökológiai Laboratóriumok*

CSIRO, Canberra, Ausztrália  
Department of Ecology, Lund University, Lund, Svédország  
Institute of Zoology, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgária  
Krasznodarskij NIISKH im. P. P. Lukjanenko, Krasznodar, Oroszország  
Rothamsted Research, Rothamsted, UK  
SLU Swedish Agricultural University, Chemical Ecology, Alnarp, Svédország  
Swiss Federal Research Station, Wädenswil, Svájc  
Università di Padova, Istituto Entomologia Agraria, Padova, Olaszország

*Ezúton is köszönjük valamennyi felsorolt és fel nem sorolt intézménynek, valamint a sok-sok kiváló kollegának az értékes együttműködést!*

### Eredményeikből

#### *Új feromon-szerkezetmeghatározás és csapdafejlesztés*

A világon elsőként határoztuk meg – interdiszciplináris együttműködésben – mintegy 40 kártevő lepkefaj, 20 bogárfaj és egy kétszárnyú faj feromonját. Az esetek jelentős részében teljes feromonmeghatározásról van szó, néhány esetben pedig olyan kiegészítésről (pl. revideálás, minor komponens megtalálása), amely nélkül a kártevő megbízható előrejelzéséhez nem lehetett volna csapdát kifejleszteni. Mindezen eredményeikre alapozva hoztuk létre Intézetünk non-profit szaktanácsadó rendszerét „CSALOMON® csapdacsalád” néven, amelynek keretében ismertetőanyaghoz, valamint magukhoz a feromon- és színcsapdákhoz juthatnak mindazok, akik ezt Intézetünkötől megrendelik.

Az új tudományos eredmények, a sikeres feromonmeghatározások elengedhetetlen kellékei voltak a felsorolt, hazánkban egyedi berendezések, műszerek. Példaként említjük a bioszenzoros gázkromatográfot, amely segítségével sikerült átöröszteni például a vadgesztenyelevel-aknázómoly (*Cameraria ohridella*) (Francke és mtsai

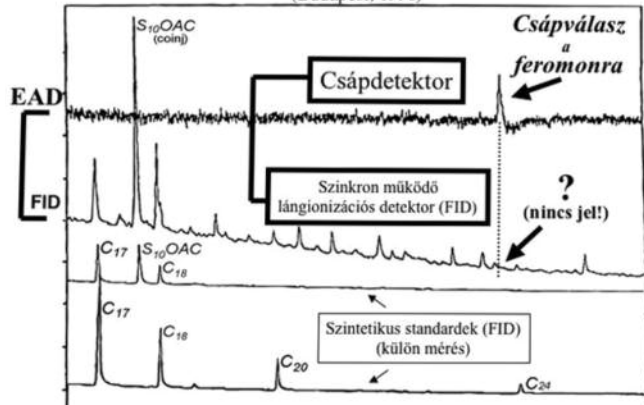
2002) (2. ábra) és a lepényfa-gubacszúnyog (*Dasineura gleditschiae*) (Molnár és mtsai 2009, Molnár és mtsai 2010) esetében is.

Az eredmények gyakorlati hasznát illetően csak egyetlen példát említünk meg. A vadgesztenyelevél-aknázómoly ellen új, komplex növényvédelmi stratégiát fejlesztettünk ki a Fővárosi Kertészeti Non-Profit Zrt-vel (FŐKERT) és a Fővárosi és Pest Megyei MGSZH NTI-vel közösen, amelynek lényege, hogy a feromoncsapdák alkalmazásával egy monitoring hálózatot üzemeltettünk Budapesten, és az első lepkenemzedék rajzásához igazodva időzítettük a védekezést (a peszticid hatásmechanizmusa: kitinszintézis-gátlás) (NKFP 4/012/ 2004). Így egyszeri permetezéssel megbízhatóan meg lehetett védeni a vadgesztenyefákat, bár korábban háromszori permetezéssel is csak változó sikerű eredményt lehetett elérni. Tekintve, hogy a FŐKERT gondozásában Budapesten 4000 db vadgesztenyefa van, és kétszeri permetezést lehet megtakarítani, így a kutatófejlesztő munkánk haszna évi 50 millió forint. Közvetett, de igen lényeges haszon továbbá, hogy a környezet peszticidterhelését az új módszerünk 66%-kal csökkentette (Magyar Mezőgazdaság, 65. évf. 2010 január 6., 24. old.).

*Feromonok és evolúció: Reprodukív izoláció, fajszétválás szimpatrikus helyzetben*

A bagolylepkénél a *Diachrysis chrysitis* és a *D. tutti* testvérfajokat vizsgálva azt találtuk, hogy a nőstények feromontermelése specifikus, a hímek választásában azonban még jelentős mértékű az átfedés, tehát a szétválás a jelenkorban zajlik (Löffstedt és mtsai 1994). Az *Erannis/Agriopsis* genuszba tartozó téliaraszólo fajokon ezzel szemben azt találtuk, hogy azoknak a fajoknak, amelyeknek a rajzásidejük egybeesik, a feromontermelés és a hímek

*C. ohridella* feromonkivonat GC-EAD vizsgálata  
Csápdetektor: *C. ohridella* him csáp  
(Budapest, 1998)

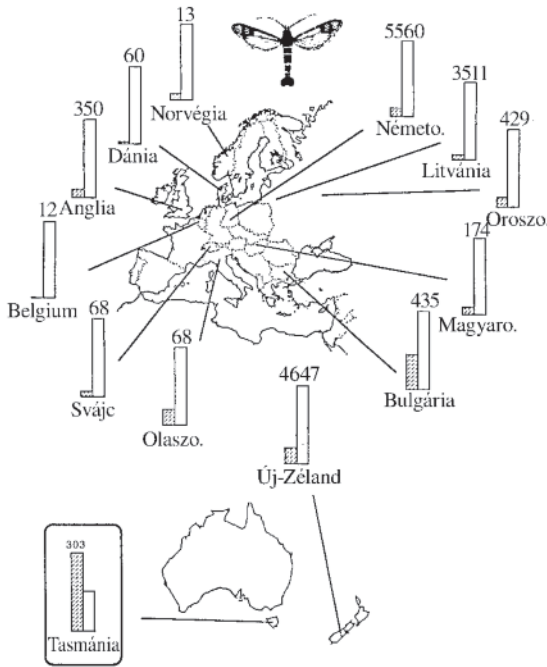


2. ábra. A vadgesztenyelevél-aknázómoly feromonkivonatának analízise bioszenzoros gázkromatográffal. A kivonat 4 nőstény-equivalensnyi (FE) mennyiségét vizsgáltuk, a ko-injektált szintetikus sztenderd ( $S_{10}OAc$ ) mennyisége 10 ng (Francke és mtsai 2002 nyomán)

választása is tökéletesen fajspecifikus. A rajzás-idő tekintetében (késő ősz versus kora tavasz) izolált fajok közül viszont van példa arra, hogy feromonkommunikációjuk nem fajspecifikus (Szócs és mtsai 1993). Az *Operophtera* téliaraszólo genusz két, egy időben rajzó hazai faja további példát szolgáltat arra, hogy más izolációs lehetőség híján a feromon összetétele tökéletes izolációt ad (Szócs és mtsai 2004).

*Feromonok és evolúció: Reprodukív izoláció, fajszétválás földrajzi izoláció esetében*

A ribizkeszítikár (*Synanthedon tipuliformis*) feromonmeghatározását követően a főkomponens hatását hasonlítottuk össze a minor komponenset is tartalmazó kétkomponensű elegyével, összehangolt, szigorúan egységes metodika alapján végzett (azonos szintetikus sarzs/törzsoldatok és kibocsátók stb.) szabadföldi csapdázás-sorozatban. Azt találtuk, hogy Európában (itt őshonos a faj) a vizsgálatba bevont mind a tizenegy országban egységesen a kétkomponensű elegy jellemezte a populációkat, és ugyanezt tapasztaltuk az új-zélandi, valamint két kanadai kísérleti helyen is (ide behurcolták a kártevőt) (Szócs és mtsai 1985, Szócs és mtsai 1990,



3. ábra. Ribiszkészitkár-populációk összehasonlítása (szabadföldi eredmények a feromon főkomponensével önmagában, valamint mindkét komponenssel csalétkezett feromoncsapdákkal) (Szöcs és mtsai 1985, Szöcs és mtsai 1990, Szöcs és mtsai 1991 nyomán)

Szöcs és mtsai 1991, Szöcs és mtsai 1998). Ezzel szemben Tasmániában, ahová anno szintén behurcolták a kártevőt, a főkomponens önmagában bizonyult hatásosnak (Szöcs és mtsai 1990) (3. ábra).

A vetési bagolylepkével (*Agrotis segetum*) hasonló eredményre jutottunk: Európában, Ázsiában és Észak-Afrikában ugyanolyanok voltak, vagy csak csekély mértékben különböztek a populációk (a három komponensű eleggyel voltak jellemezhetőek), Afrikában viszont az Egyenlítőtől délre fekvő két vizsgálati helyen ettől élesen különböztek (a három komponens közül csupán az egyik, a legrövidebb szénláncú komponenst önmagában használták szexferomonként) (Tóth és mtsai 1992).

Eddig azokból az eredményeinkből soroltunk fel néhányat, melyek egyazon fajnak különböző populációiban mutattak ki eltérő feromon-összetételt. Ellenkező példával is tudunk azonban szolgálni. A nyolc, gazdaságilag

legfontosabb, európai pattanóbogár faj feromonjának azonosítása során (Tóth és mtsai 2003) mellékéreményként kitértünk, hogy az *Agrotis lineatus* és *A. proximus*, morfológiailag igen hasonló fajokon nem találtunk semmiféle különbséget a mirigyből kivont, ill. a levegőbe kibocsátott feromon összetételében (= feromontermelés), a hímek csápjai EAG válaszainak intenzitása tekintetében (= feromon perifériális érzékelés), a szintetikus feromonkomponensek optimális arányának tekintetében szabadföldön (= fölsőbb idegrendszeri központok által szabályozott viselkedési válasz), valamint a néhány, általunk megvizsgált DNS szekvencia tekintetében sem (Tóth és mtsai 2008). Ez fölveti, hogy szükség lehet a két faj különállóságának újbóli taxonómiai megvizsgálására.

#### Feromonok, faunisztika, taxonómia, kemotaxonómia

Szintetikus feromonkomponensekkel folytatott csapdázási kísérletsorozatok során két, a hazai faunára új ruhamoly fajt irtunk le (Sziráki és Szöcs 1989), továbbá ritka fajok is előkerültek (egy példa: Szöcs és Ronkay 1983).

Az almalevél-törpeaknázómoly (*Stigmella (Nepticula) malella*) feromonmeghatározása során az egyik kísérleti, szintetikus csalogatóelegy nagy számban vonzotta a Budapest környéki szabadföldi kísérletekben egy olyan törpeaknázómoly faj, a *Trifurcula (Glaucolepis) melanoptera* hímjeit, mely fajt nem sokkal korábban írták le tudományra új fajként (Tóth és mtsai, 1995).

Kiemelkedő, nem várt eredmény, hogy a szexattraktáns optimalizálása segítségével sorozatokat fogtunk be egy addig ismeretlen újabb Tineida fajból, amely aztán nemcsak, hogy a tudományra új fajnak, hanem tudományra új genusznak is bizonyult (Sziráki 1990).

A Tineidae és Sesiidae család kemotaxonomiai hasonlóságára is felhívtuk a figyelmet (Szöcs és mtsai 1989). Az araszolólepkék hazai alcsoportjainak kemotaxonomiai viszonyait taglalva rámutattunk, hogy az mennyiben felel meg a mai rendszertannak (Szöcs és mtsai 1990).

Arról, hogy több évtizedes munkánk eredményei hogyan kapcsolódnak a Jermy Tibor akadémikus és Szentesi Árpád nevével fémjelzett hazai rovar-tápnövény-kutatásokhoz, különösen azok kémiai ökológiai aspektusaihoz, egy összefoglaló cikket jelentettünk meg, amely tulajdonképpen egy annotált válogatás addigi publikációinkból (Jermy és mtsai 2006). Ebből kirajzolódnak főbb kutatási vonalaink, és a fontosabb közleményeinkből is tájékozódni lehet. Az azóta eltelt években született újabb eredmények közül kiemeljük, hogy a *feromon-bioszintézis* területén a rovarok világában egy teljesen új bioszintetikus lépést találtunk ( $\alpha$ -oxidáció), amelynek köszönhetően az *Agriopsis bajarania* téliaraszoló fajnál fény derült arra, hogy hogyan is termelhet polién típusú, mégis páros szénatomszámú feromonkomponest (Goller és mtsai 2007), a *rovar-biotechnológia* területén molekuláris markert találtunk, amely segítségével a kukoricamolylepke (*Ostrinia nubilalis*) Z- és E-feromontörzse már lárvakorban (!) elkülöníthető (Király és Szöcs 2009), és a *kémiai és akusztikus kommunikáció* határmezsgyéjén leírtuk az említett két törzs addig teljesen ismeretlen hangadását (Orci és Szöcs 2009). A feromoncsapdás előrejelzés és a kártevő „*fajtapreferenciája*” közötti, a védekezési döntés szempontjából fontos összefüggéseket tártunk fel a gyapottok bagolylepke (*H. armigera*) és a hazánkban köztermesztésben lévő kukoricahibridek vonatkozásában (Dömötör és mtsai 2006, Dömötör és mtsai 2009).

Végezetül tegyünk egy kis kitekintést Európára. A kutatás a nemzetközi szinten száguld körülöttünk, és ebben az örvénylő zuhatagban kell nekünk magunknak előre jutnunk. A feromonkutatás különösen kiélezett helyzetben zajlik, hiszen új, biológiailag aktív molekulák felfedezéséről van szó. Olyanokról, amelyeket nemcsak a kártevő rovarok előrejelzésében, hanem sok esetben a közvetlen védekezésben (lásd pl. légtértelítés) is hasznosítani lehet. Olyan mo-

lekulákért folyik tehát a versenyfutás, amelyeket szabadalmaztatni lehet, amelyekből termékek válhatnak. Nem csoda tehát, hogy azokban az országokban, amelyekben az innovációs lánc olajozottan működik, ahol egy új molekulából rövidesen termék lesz, ott a feromonkutatás finanszírozása is ehhez szabott. Természetesen mindez versenyhelyzetben, pályázat révén valósul meg. Az is természetes, hogy ilyen összehasonlításokor mindig figyelembe kell venni a szóban forgó országok gazdasági teljesítőképességét, életszínvonalát, hagyományait. Mégis szembeötlő az a hatalmas különbség, ami a kutatóegységek épületegyütteseinek méretében, a laborok felszereltségében, műszerezettségében, a kutatócsoportok létszámában, valamint az elnyerhető nemzeti pályázati források volumenében tapasztalható. A magyar kutatók, így a feromonkutatók is, sokszor bizonyították már, hogy „kompatibilisek” más, szerencsésebb helyzetű európai országban dolgozó kollegáikkal. Ideje, hogy a hazai kutatás-finanszírozás volumen tekintetében is „kompatibilis” legyen az egyes európai uniós tagországok nemzeti pályázati rendszereivel. Mindez korántsem csak a kutatók érdeke, hanem a versenyszféráé éppúgy, mint a piacból élő társadalmunké.

## IRODALOM

- Arn, H., Städler, E. and Rauscher, S. (1975):** Electroantennographic detector – selective and sensitive tool in gas-chromatographic analysis of insect pheromones. *Zeitschrift für Naturforschung C – a journal of biosciences*, 30c: 722–725.
- Butenandt, A., Beckman, R., Stamm, D. und Hecker, E. (1959):** Über den Sexualstoff des Seidenspinners *Bombyx mori*. Reindarstellung und Konstitution. *Z. Naturforsch., B: Anorg. Chem., Org. Chem., Biochem., Biophys., Biol.*, 14B: 283–284.
- Dömötör, I., Kiss, J. and Szöcs, G. (2007):** First results on synchrony between seasonal pattern of pheromone trap captures of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* and appearance of freshly emerged larvae on developing cobs of corn hybrids. *J. Pest Sci.*, 80: 183–189.
- Dömötör, I., Kiss, J. and Szöcs, G., (2009):** Coincidence of silking time of corn, *Zea mays* and flight period of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hbn.: How does it affect follow-up abundance of larvae on cobs and grain damage in various corn hybrids? *Acta Phytopathol. Entomol. Hung.*, 44: 315–326.

- Francke, W., Franke, S., Bergmann, J., Tolasch, T., Subchev, M., Mircheva, A., Toshova, T., Svatos, A., Kalinova, B., Kárpáti, Zs., Szócs, G. and Tóth, M.** (2002): Female sex pheromone of *Cameraria ohridella* Desch. and Dim. (Lepidoptera: Gracillariidae): Structure confirmation, synthesis and biological activity of (8E, 10, Z)-8,10-tetradecadienal and some analogues. *Z. Naturforsch.*, 57c: 739–752.
- Goller, S., Szócs, G., Francke, W. and Schulz, S.** (2007): Biosynthesis of (3Z,6Z,9Z)-3,6,9-Octadecatriene: The main component of the pheromone blend of *Erannis bajaria*. *J. chem. Ecol.*, 33: 1505–1509.
- Jermly, T., Szentesi, Á., Tóth, M. and Szócs, G.** (2006): Pest control: from chemical ecology to evolution. A Hungarian perspective. *Acta Phytopathol et Entomol. Acad. Sci. Hung.*, 41: 121–135.
- Jermly T., Varjas L. és Tóth M.** (1978): Rovarhormonok és feromonok gyakorlati alkalmazásának perspektívái. *Kémiai Közlemények*, 50: 209–214.
- Király, L. and Szócs, G.** (2009): Diagnostic marker for E- and Z-strains of *Ostrinia nubilalis*, expressing differentially in larval delta-11 desaturase transcript. *J. Appl. Entomol.*, 133: 272–277.
- Miller J.R. and Roelofs W.L.** (1978): Sustained-flight tunnel for measuring insect responses to wind-borne sex pheromones. *J. Chem. Ecol.*, 4: 187–198.
- Molnár, B., Kárpáti, Zs., Szócs, G. and Hall, D. R.** (2009): Identification of female-produced sex pheromone of the honey locust gall midge, *Dasineura gleditchiae*. *J. chem. Ecol.*, 35: 706–714.
- Molnár, B. P., Szócs, G., Hillbur Y. és Hall, D. R.** (2010): Megfelelő-e a racém elegy a lepényfa-gubacszúnyog (*Dasineura gleditchiae* Osten Sacken) szexcsapdázásához? *Növényvédelem*, 46: 101–108.
- Novák, L., Tóth, M., Balla, J. and Szántay, Cs.** (1979): Sex pheromone of the cabbage armyworm, *Mamestra brassicae*: Isolation, identification and stereocontrolled synthesis. *Acta Chimica Acad. Sci. Hung.*, 102: 135–140.
- Orci, K. M. and Szócs, G.** (2009): Ultrasonic and sonic emission during the courtship behavior in males of Z- and E-pheromone strains of the European corn borer *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera: Pyraustidae). *Bioacoustics*, 19: 93–107.
- Szentesi, Á., Tóth, M. and Dobrovolszky, A.** (1975): Evidence and preliminary investigations on a male aphrodisiac and a female sex pheromone in *Mamestra brassicae* L. *Acta Phytopath. Hung.*, 10: 425–429.
- Sziráki, Gy.** (1990): Beschreibung einer neun tineiden-Gattung und -Art von Ungarn (Lepidoptera). *Entomol. Zeitschrift*, 100; 193–199.
- Sziráki, Gy. and Szócs, G.** (1989): Two tineid species new to the fauna of Hungary, captured by sex attractant traps (Lepidoptera). *Folia Ent. Hung.*, 50: 187.
- Szócs G. és Ronkay L.** (1983): Az *Eurois occulta* Linnaeus, 1758 újabb magyarországi példánya feromoncsapdából (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Ent. Hung.*, 44: 337.
- Szócs, G. and Tóth, M.** (1978): Evidence and extraction of a female sex pheromone from the winter moth *Operophtera brumata* (L.). *Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung.*, 13: 213–217.
- Szócs, G., Schwarz, M., Sziráki, Gy., Tóth, M., Klun, J. A. and Leonhardt, B.** (1985): Sex pheromone of the female current borer, *Synanthedon tipuliformis*: identification and field evaluation. *Entomol. exp. appl.*, 39: 131–133.
- Szócs, G., Tóth, M., Sziráki, Gy. and Schwarz, M.** (1989): 2,13- and 3,13-octadecadienyl compounds composing sex attractants for tineid and sesiid moths (Lepidoptera). *Biochemical Systematics and Ecology*, 17: 417–422.
- Szócs, G., Miller, L. A., Thomas, W., Vickers, R. A., Rothschild, G. H. L., Schwarz, M. and Tóth, M.** (1990): Compounds modifying male responsiveness to main female sex pheromone component of the currant borer, *Synanthedon tipuliformis* Clerk. (Lepidoptera: Sesiidae) under field conditions. *J. chem. Ecol.*, 16, 1289–1305.
- Szócs, G., Búda, V., Charmillot, P., Esbjerg, P., Freier, B., Gottwald, R., Kovalev, B., Maini, S., Solomon, M.G., Sorum, O., Subchev, M., Tóth, M. and Van, de, Veire, M.** (1991): Field tests of (E,Z)-3,13-octadecadien-1-ol acetate: a sex attractant synergist for male currant borer, *Synanthedon tipuliformis*. *Ent. exp. appl.*, 60: 283–288.
- Szócs, G., Tóth, M., Francke, W., Schmidt, F., Philipp, P., König, W.A., Mori, K., Hansson, B.S. and Löfstedt, C.** (1993): Species discrimination in five species of winter-flying geometrids (Lepidoptera) based on chirality of semiochemicals and flight season. *J. Chem. Ecol.*, 19: 2721–2735.
- Szócs, G., Henderson, D. and McNeil, J.N.** (1998): Old World pheromone strain in the New World: sex attractant composition for the currant borer, *Synanthedon tipuliformis* Cl. (Lepidoptera: Sesiidae), in Canada. *Can. Ent.*, 130: 231–234.
- Szócs, G., Ötvös, S. I. and Sanders, C.** (2001): *Erannis tiliaria* (Lepidoptera: Geometridae) males attracted to enantiomerically identical pheromone blend of *Erannis defoliaria*. *The Canadian Entomologist*, 133: 297–299.
- Szócs, G., Tóth, M., Kárpáti Zs., Zhu, J., Löfstedt, C., Plass, E. and Francke, W.** (2004): Identification of polienic hydrocarbons from the northern winter moth, *Operophtera fagata*, and development of a species specific lure for pheromone traps. *Chemoecology*, 14: 53–85.
- Szócs, G., Ronkay, L., Vojnits, A. and Tóth, M.** (1990): Does the chemical structure of sex attractants reflect taxonomical position of geometrid species



(Lepidoptera)? Proc. Conf. Insect Che. Ecol. Tábor, Academia Prague and SPB Acad. Publ., The Hague, p. 75–79.

- Tóth, M., Löfstedt, C., Blair, B.W., Cabello, T., Farag, A.I., Hansson, B.S., Kovalev, B.G., Maini, S., Nesterov, E.A., Pajor, I., Sazonov, A.P., Shamshev, I.V., Subchev, M. and Szócs, G.** (1992): Attraction of male turnip moths *Agrotis segetum* (Lepidoptera: Noctuidae) to sex pheromone components and their mixtures at 11 sites in Europe, Asia, and Africa. *J. Chem. Ecol.*, 18: 1337–1347.
- Tóth, M., Furlan, L., Yatsynin, V.G., Ujváry, I., Szarukán, I., Imrei, Z., Tolasch, T., Francke, W. and Jossi, W.** (2003): Identification of pheromones and optimization of bait composition for click beetle pests in Central and Western Europe (Coleoptera: Elateridae). *Pest Manag. Sci.*, 59: 1–9.
- Tóth, M., Furlan, L., Xavier, A., Vuts, J., Toshova, T., Subchev, M., Szarukán, I. and Yatsynin, V.** (2008): New sex attractant composition for the click beetle *Agriotes proximus*: similarity to the pheromone of *Agriotes lineatus*. *J. Chem. Ecol.*, 34: 107–111.
- Tóth, M., Szócs G., Nieukerken, E. J., Philipp, P., Schmidt, F., and Francke, W.** (1995): Novel type of sex pheromone identified from *Stigmella malella* Staiton (Lepidoptera: Nepticulidae). *J. chem. Ecol.*, 21: 13–27.
- Vuts, J. és Tóth, M.** (2008): Elektroantennográfiás válaszspektrumok: mire jók és mire nem? *Növényvédelem*, 44: 377–384.

## FROM THE HAND-MAGNIFIER TO THE GAS CHROMATOGRAPH WITH ELECTROANTENNOGRAPHIC DETECTOR: THREE DECADES OF THE HUNGARIAN PHEROMONE RESEARCH

**G. Szócs and M. Tóth**

Plant Protection Institute, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, P.O.Box 102, H-1525, Hungary

The birth of pheromone research, as a separate discipline, is dated to 1959, when the first chemical identification was published. The Hungarian pheromone research, started in the Department of Zoology, Plant Protection Institute of HAS, yielded the first publication in 1975. In a typical entomological/ecological lab, as it was at that time, new instrumentation, such as for example gas chromatograph with electroantennographic detector (GC-EAD) and flight tunnel (FT) had to be installed, and interdisciplinary, international collaborations had to be established. These efforts resulted in identification of pheromones of more than 50 insect species (most of them being regarded as pests in agriculture), and in developing our own pheromone traps, called CSALOMON<sup>®</sup>, used in monitoring. Results include revealing reproductive isolation mechanisms / speciation between sibling species, in both sympatric and geographically isolated cases. New faunistic data were collected by pheromone traps, with a highlight of discovering an undescribed species, representing also a new genus, by developing an optimized sex attractant. Further results cover chemotaxonomic analyses, revealing a new step in the biosynthesis of polienic pheromones, finding a molecular marker for pheromone strains of the European corn borer. By clarifying how coincidence of flight pattern peak to the phenological stage of host plant cultivars influence risk of damage, a message to farmer was conveyed. Used to work under financial constraints, our message is clear: an improved funding system is needed for new scientific achievements serving to fulfil new demands of sustainable pest management. This is an interest of the profit-orientated sector just as well as the recent demands of food safety and the maintainance of our environment.

**Keywords:** pheromone, electroantennograph, GC-/FID-EAD, wind tunnel, speciation, reproductive isolation, faunistics, chemotaxonomy, forecast, trapping

*Érkezett: 2010. december 1.*