

Feromonkutatás: mit hoz a holnap?

Szőcs Gábor

MTA ATK Növényvédelmi Intézet, Állattani Osztály, 1022 Budapest, Herman Ottó u. 15.

e-mail: szocs.gabor@agrar.mta.hu

Összefoglalás

A modern feromonkutatás (kémiai ökológia) születését biológiai és kémiai diszciplínák együttműködése tette lehetővé mintegy fél évszázada. Sok fontos kártevő lepkefaj szexferomonjának a szerkezetét sikerült azonosítani. Ez új távlatokat nyitott a növényvédelmi előrejelzés és a szelektív, környezetkímélő védekezés terén.

A vizsgálatok a technika fejlődésével más rovar rendek képviselőire, továbbá a tápnövények kairomonjaira, a mikroorganizmusokra, a vízi élőlények kémiai kommunikációjára, valamint a gerincesek feromonjaira is kiterjedtek. Rávilágítottak az érzékelés mechanizmusára, neuroanatómiájára, a feromonok bioszintézisére és neurohormonális szabályozására.

A nemzetközi trendek ma olyan új területekre helyeződtek át, mint az idegi hálózatok és az evolúciós-genetikai kérdések molekuláris elemzése és elektronikai modellezése. Ugyanakkor számos, gazdaságilag fontos rovarfaj kémiai kommunikációját jelentős erőfeszítések ellenére sem sikerült feltárni, pedig különösen az invazív kártevők esetében erre markáns társadalmi igény mutatkozik. A tápnövény kairomonok kutatása áttörést hozhatna, de a komponensek jelentős részénél nem sikerül megoldani a biológiai hatáshoz megfelelő tisztaságú szintézist (izomerek, enantiomerek).

Hazánk régóta bekapcsolódott a nemzetközi feromonkutatásba. Az új feromonok feltárását a kártevők előrejelzésére szolgáló csapdák kifejlesztése követte. Ez továbbra is perspektivikus irány, különösen akkor, ha neuroanatómiai, fitokémiai és molekuláris irányba is szélesítjük a palettát. A nemzetközi figyelmet jól jelzi, hogy az International Society of Chemical Ecology (ISCE) 2018 évi konferenciájának szervezési jogát Tóth Miklós akadémikus és munkatársai (ATK NÖVI Alkalmazott Kémiai Ökológiai Osztály, Budapest) nyerték el.

Kulcsszavak: szemiokemikáliák, új irányvonalak, siker és kudarc, fito- és sztereokémia

Abstract

Present-day pheromone research (chemical ecology) emerged from interactions of biological and chemical disciplines, around half a century ago. Soon, the compositions of sex pheromone of many moth species, regarded as important pests, have successfully been identified. This opened new perspectives to plant protection in monitoring pests and developing new, selective, environmental-sound methods.

With technical developments, further studies included species from other taxa of insects, host plant kairomones, microorganisms, chemical communication of aquatic species, and pheromones of vertebrates. Insight was gained in the mechanism of perception, neuroanatomical aspects, and into biosynthesis and neurohormonal regulation of pheromone production.

New trends have been directed to neuron networks, molecular genetic basis of evolution and electronic modeling. At the same time it is still awaited to reveal the chemical communication of many species, which, especially in case of invasive pests evoking public attention, is especially urging. Host plant kairomones may offer alternative approaches, however, successes are often hampered because of problems in obtaining synthetic compounds of high (isomeric and/or enantiomer) purity, required for evoking proper biological responses.

Hungary has joined to international pheromone research for a long time. New pheromone identifications were followed by developments of traps for monitoring. This is a prosperous direction for the future, as well, especially when combining with neuroanatomical, molecular and phytochemical studies. International attention is reflected in the honor that the rights of organizing the 2018 Annual Conference of the International Society of Chemical Ecology went to Miklós Tóth, academician and to his team (Department of Applied Chemical Ecology of Plant Protection Institute, CAR, Budapest).

Keywords: semiochemicals, new trends, success and failure, phyto- and stereochemistry,

Feromonkutatás, kémiai ökológia – *in statu nascendi*

A modern feromonkutatás, mint önálló tudományág, a múlt század derekán jött létre. Színre lépését gyors kibontakozás követte, amely új, szelektív és környezetkímélő növényvédelmi módszerek kifejlesztésének lehetőségét vetítette előre, új távlatokat nyitva a kártevő rovarok elleni küzdelemben. A tudományterület az élőlények közötti kémiai kommunikációk sokféleségének feltárásával kiszélesedett és kémiai ökológiaként vált ismertté. Önálló arculatát

jól jelzi az International Society of Chemical Ecology nemzetközi tudományos társaság megalakulása (1984), évente megrendezésre kerülő világkonferenciái és folyóirata (Journal of Chemical Ecology), valamint önálló kutatási egységek, sőt kutatóintézetek létrejötte szerte a világban. Ugyanakkor az interdiszciplináris jelleg is markánsan megnyilvánul, hiszen a sikerek biológiai- agroökológiai- valamint analitikai- és preparatív szerves kémiai kutatási területek együttműködéséből fakadnak. Szintén a kezdetektől jellemzi a nemzetközi együttműködések hálózata, amelybe hazánk igen korán kapcsolódott be.

Helyzetkép ma – felívelés kérdésekkel

„*Feromonok félévszázada*” címmel kitűnő összefoglaló mű olvasható a különféle növényvédelmi alkalmazások lehetőségeiről a XXII. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum kötetében Tóth Miklós akadémikus tollából (Tóth, 2012). Ebből kitűnik, hogy a feromonkutatásban a növényvédelmi motiváció továbbra is töretlenül az egyik legfontosabb mozgató rugó. A világviszonylatban forgalmazott feromoncsapdák számáról és a légtértelítéssel védett területek nagyságáról (kultúránkénti és országokkénti bontásban) Witzgall és mtsai 2008-ban és 2010-ben megjelent cikkében olvashatunk.

Ezzel párhuzamosan a feromonkutatás meglepő mértékben fragmentálódott. Új szubdiszciplinák sora jött létre. A diverzifikáció egyrészt taxonómiai értelemben következett be, mivel az újabb feromonkivonási és elemzési technikák olyan csoportok vizsgálatát is lehetővé tették, amelyek korábban csak ritkán vezettek eredményre (a rovarok legkülönbözőbb csoportjain túlmenően a mikroorganizmusoktól a legkülönbözőbb vízi szervezeteken át, a növényeken keresztül a gerincesekig). Még látványosabb a fejlődés olyan új területeken, mint az érzékelés mechanizmusára, neuroanatómiájára, a feromonok bioszintézisére és neurohormonális szabályozására irányuló kutatások terén. Mindezt a molekuláris biológiai módszerek sokrétű alkalmazása szövi át.

Feltérképezik a lepkék szaglőlebenyét. Megfestett idegsejtek elektromos jeleit *in vivo* intracelluláris mikroelektrodok segítségével mérve, konfokális mikroszkópi felvételek képalkotó (3D) rekonstrukciója révén fontos neuroanatómiai részleteket sikerült tisztázni a kukoricamoly feromon-törzsei közötti különbségről (Kárpáti és mtsai, 2008). Kapcsolódó rovar-szélcatsornás kísérletek világítottak rá a két törzs feromonforráshoz történő orientációjának sajátosságaira (Kárpáti és mtsai, 2013).

Arra is van már példa, hogy egy bagolylepke faj feromonját élesztővel termeltetjük (Hagström és mtsai, 2013). Újabban pedig kiegészül mindez az idegi hálózatok és az evolúciós-genetikai

kérdések molekuláris elemzésével és elektronikai modellezésével is. A közelmúltban megjelent kémiai ökológiai tárgyú könyvek tartalomjegyzéke jól szemlélteti a roppant fejlődést (lásd pl. Cardé és Millar, 2004; Mucignat-Caretta, 2014).

Akkor hol vannak a kérdések? Például ott, amiről a szakirodalomban csak ritkán olvashatunk. A klasszikus feromonmeghatározás terén még sok olyan, fontos kártevő van, amelyeknél a feromon szerkezetét jelentős erőfeszítések ellenére sem sikerült megnyugtatóan feltárni, pedig erre markáns társadalmi igény mutatkozik.

Következzék egy példa erre, ahol sok év után azért mégiscsak sikerre vezetett az újbóli munka. A nagy viaszmoly (*Galleria mellonella*) feromonjának összetételét eredetileg 1973-ban közzölték, ám a rákövetkező években ellentmondásos eredmények születtek a feromoncsapda gyakorlati alkalmazhatóságáról. Az áttörést csak mintegy 40 évvel később egy svéd csoportnak sikerült elérnie azáltal, hogy egy további komponenst is azonosítottak (Svensson és mtsai, 2014). Lehetséges, hogy egyszer a kukoricamoly is hasonló meglepetéssel fog szolgálni?

Szűk keresztmetszet a megfelelő minőségű kémiai háttér is, legalábbis a világ nagyobbik felén. A műszerek és a műszeres vizsgálatok nemcsak drágák, de nagy szakértelmet is igényelnek. A tömegspektrográfiában például az elektronikus könyvtárak sokat segíthetnek ugyan, mégis megfelelő kémikus hiányában sokszor itt akad el a projekt. Ebben is segíthet a nemzetközi együttműködés. A *Tischeria ekebladella* tölgyaknázó moly feromonját mintegy 20 évnyi munka eredményeképpen sikerült meghatároznunk. Az új, bioszenzoros gázkromatográf (GC-EAD) segítségével először a kérdéses anyag retenciós idejét sikerült beazonosítani. Az áttörés Prof. W. Francke és csoportjának (Inst. Organic Chemistry, Univ. Hamburg) köszönhető, mivel a vegyület egy új természetes anyagnak (new natural product) bizonyult, amely semmilyen könyvtárban sem szerepelt (Molnár és mtsai, 2012).

A kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*) feromon-törzseit 1973 óta ismerjük, mégis egy 2011-ben végzett IWGO felmérés szerint a feromoncsapdák a *ún.* Z-törzs rajzásának vizsgálatára Európa számos országában sajnos nem megfelelőek (Szöcs és Babendreier, 2011). Itt a csapda forma és a kihelyezés módja hozott előrelépést (Kárpáti és mtsai, 2016). Sikert hozott az új koncepción alapuló, elsősorban nőtény molyok csalogatására kifejlesztett illatanyag-kombináció (Tóth és mtsai, 2016), amely 2016-tól már szerepel az ATK Növényvédelmi Intézetének (ATK NÖVI) Csalomon[®] csapdák kínálatában is.

Hazai szerepvállalás – merre haladhatunk tovább?

Újabb kártevő fajok feromonjának felderítésére továbbra is nagy szükség lesz, hiszen a klímaváltozás, vagy behurcolás következtében évről évre egyre több invazív faj érkezik hazánkba. Az évente imponálóan bővülő újdonságok sora a Csalomon® fajlistában jelzi az ATK NÖVI Alkalmazott Kémiai Ökológiai Osztálya legfrissebb sikereit.

A növényi illatanyagok, kairomonok esetében már összetettebb a helyzet, hiszen általában jóval több anyag együttes hatása szükséges a fitofág rovar viselkedési válaszához. A meghatározáson túlmenően itt a szintetikus minták előállítása / beszerzése is nehézségekbe ütközik, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a minták kémiai tisztaságán túlmenően az izomér- és/vagy enantiomér összetétel is kritikus lehet a biológiai hatás szempontjából. Kíváncsún lenné a hazai és külföldi fitokémiai műhelyek figyelmének felkeltése, bevonása.

Az ATK NÖVI Állattani Osztályán korábban is több olyan nagyműszer működött, amely az országban és a térségben is egyedülálló (Szöcs és Tóth, 2010). Az új bioszenzoros gázkromatográf (GC-EAD) beszerzése tett lehetővé olyan, korábban elérhetetlennek tűnő sikereket, mint például a lepényfa-gubacsszúnyog (*Dasineura gleditschiae*) (Molnár és mtsai, 2009) és a tölgyaknázó sörtésmoly (*Tischeria ekebladella*) (Molnár és mtsai, 2012) szexferomonjának meghatározását, valamint annak felderítését, hogy a borókaszú (*Phloeosinus aubei*) a nyugati tuja (*Thuja occidentalis* Smaragd) mely illatanyagot érzékeli (Bozsik és mtsai, 2016).

A műszerparkunk azóta is örömdetesen bővült. Az egyes kémiai érzékszőrök egyedi válaszreakcióját (firing) egy speciális, neurofiziológiai műszerrel vizsgálhatjuk (single sensillum recording - SSR) Kárpáti Zsolt sikeres pályázatának köszönhetően. Az új távlatok karnyújtásnyi közelségbe kerültek.

A hazai feromonkutatás elismertségét, a nemzetközi figyelmet jól jelzi, hogy az International Society of Chemical Ecology (ISCE) 2018. évi konferenciájának szervezési jogát – pályázat útján – Tóth Miklós akadémikus és tanítványai (ATK NÖVI Alkalmazott Kémiai Ökológiai Osztály) nyerték el, így a rangos világkonferenciának Budapest adhat otthont.

Hivatkozások

Bozsik, G., Tröger, A., Francke, W., Szöcs, G. 2016. *Thuja occidentalis*: identification of volatiles and electroantennographic response by the invasive cedar bark beetle, *Phloeosinus aubei*. Journal of Applied Entomology 140: 434-443.

- Cardé, R. T., Millar, J. G. (eds.) 2004. Advances in insect chemical ecology. Cambridge Univ. Press, Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo, Delhi, Tokyo, Mexico City, pp. 341.
- Hagström, Å. K., Wang, H-L., Liénard, M. A., Lassance, J-M., Johansson, T., Löfstedt, C. 2013. A moth pheromone brewery: production of (Z)-11-hexadecenol by heterologous co-expression of two biosynthetic genes from a noctuid moth in a yeast cell factory. *Microbial Cell Factories*, 12: 125.
- Kárpáti, Zs., Dekker, T., Hansson, B. S. 2008. Reversed functional topology in the antennal lobe of the male European corn borer. *The Journal of Experimental Biology* 211: 2841-2848.
- Kárpát, Zs., Tasin, M., Cardé, R. T., Dekker, T. 2013. Early quality assessment lessens pheromone specificity in a moth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 110: 7377-7382.
- Kárpáti, Zs., Fejes-Tóth, A., Bognár, Cs., Szőke, Cs., Bónis, P., Marton, L. Cs., Molnár, B. P. 2016. Pheromone-based monitoring of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) in Hungary. *Maydica* electronic publication, 61~M16.
- Molnár, B., Kárpáti, Zs., Szöcs, G., Hall, D. R. 2009. Identification of female-produced sex pheromone of the honey locust gall midge, *Dasineura gleditchiae*. *Journal of Chemical Ecology*, 35: 706-714.
- Molnár, B. P., Tröger, A., Toshova, Th. B., Subchev, M., van Nieukerken, E. J., Sjaak-Koster, J. C., Szöcs, G., Tóth, M., Francke, W. 2012. Identification of the females-produced sex pheromone of *Tischeria ekebladella*, an oak leafmining moth. *Journal of Chemical Ecology*, 38: 1298-1305.
- Mucignat-Caretta C. (ed.) 2014. Neurobiology of chemical communication. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York, pp. 580.
- Svensson, G. P., Gündüz, E. A., Sjöberg, N., Hedenström, E., Lassance, J-M., Wang, H-L., Löfstedt, C., Anderbrant, O. 2014. Identification, synthesis, and behavioral activity of 5,11-dimethylpentacosane, a novel sex pheromone component of the Greater wax moth, *Galleria mellonella* (L.). *Journal of Chemical Ecology*, 40: 387-395.
- 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.
- Szöcs G., Tóth M. 2010. A nagyítolencsétől a bioszenzoros gázkromatográfiáig: A magyar feromonkutatás három évtizede. *Növényvédelem*, 46: 645-653.
- Tóth, M. 2012. Feromonok félvévszázada. XXII. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum. 10-13.

- Tóth, M., Szarukán, I., Nagy, A., Ábri, T., Katona, V., Kőrösi, Sz., Nagy, T., Szarvas, Á., Koczor, S. 2016. An improved female-targeted semiochemical lure for the European corn borer *Ostrinia nubilalis* Hbn. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 51: 247–254.
- Witzgall, P., Stelinski, L., Gut, L., Thomson, D. 2008. Codling moth management and chemical ecology. *Annual Review of Entomology* 53: 503-522.
- Witzgall, P., Kirsch, Ph., Cork, A. 2010. Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36: 80-100.