

Intraspeciaj malsimilecoj de ĥemia profilo en la seksa feromono de insektoj

Wendel José TELES PONTES

Enkonduko

Feromonoj estas substancoj, kiuj taŭgas kiel komunikilo al samspeciaj individuoj (Vilela 2001; Pontes 2007). Estas diversaj tipoj de feromonoj, kies funkcio difinas ilian klasifikadon: ili povas esti i.a. kunigaj, malkunigaj (disigaj), ovodemetaĵoj. Sed inter tiuj, la delonge plej studata estas la seksa-emisiita de femala insekto por allogi masklon, aŭ male, kiam la masklo liveras ĝin por altiri al si la femalajn individuojn, cele al reproduktiĝo.

La studado de seksaj feromonoj estas forte disvolvita pro ilia granda ekonomia intereso kiel plagorega metodo (Vilela 2001). Hodiaŭ, diversajn sintezajn seksajn feromonojn oni uzas kontraŭ plaginsektoj, kiel ilon malkovri, kiam la populacio de insektoj en plantaro altiĝas al Damaĝa Ekonomika Nivelo (DEN), la momento kiam farmisto devas komenci regadon de tiuj plagoj. Oni ankaŭ povas uzi ĝin kiel propran reg-metodon, kiam ĝi taŭgas kiel amaskaptilo de insektoj aŭ kiam ĝi okazigas seksan misrenkonton (kiam la insekto konstatas la seksan feromonon el ĉie, kaj ĝi ne scias, kien iri. Multfoje ĝi mortas antaŭ ol reproduktiĝi).

Hodiaŭa oniscio asertas, ke seksa feromono estas aro da diversaj substancoj, kaj la variado en la kvanto de tiuj substancoj difinas la seksallogecon de tiu feromono (Vilela 2001). Tamen post iom da observado oni konstatis, ke seksa feromono de iu specio variadas rilate al sia efikeco, laŭ la regionoj, kie oni starigis la feromonkaptilojn. Ekde tiam, analizado de feromonoj de tiuj insektoj en malproksimaj regionoj elmontris, ke, en pluraj specioj, la feromona ĥemia profilo variadas inter la populacioj. Tiu fakto komencis serion da studoj kaj esploroj por scii pri la intraspecaj diferencoj en la feromon-profilo kaj iaj evoluaj kaj taksonomiaj konsekvencoj.

Ĉi tiu artikolo provas montri la ĉefajn tipojn de interspeciaj diferencoj en la ĥemia profilo de seksa feromono en insektoj, la genetikajn meĥanismojn respondecajn pri tiu variado kaj la faktorojn, kiuj favoras la diferencigon kaj la ekaperon de rezistemaj insektoj kontraŭ la seksferomonaj kaptiloj.

Monomorfa variado

Tiu variado okazas, kiam du samspeciaj populacioj montras ekzakte la samajn ĥemiajn komponantojn de seksa feromono, sed la diferenco estas en iliaj proporcioj (Lofstedt 1990). La kvanto de tiuj komponantoj en la feromona profilo influas ĝiajn emission kaj perceptokapablon. Pluraj insektoj havas populaciajn diferencojn bazitajn sur la kvanto de tiuj ĥemiaj komponantoj en la feromona profilo, ekz. *Amorbia cuneana* (Lepidoptera: Tortricidae) (Bailey k.a. 1986), *Argyrotaenia velutinana* (Lep.: Tortricidae) (Miller & Roelofs 1980), *Etiella zinchenella* (Lep.: Phycitidae) (Toth k.a. 1996), *Hemileuca eglanderina* (Lep.: Saturniidae) (McElfresh & Miller 2001), *Ctenopseutis obliquana* (Lep.: Tortricidae) (Foster & Roelofs 1987) kaj *Agrotis segetum* (Lep.: Noctuidae) (Arn k.a. 1983; Lofstedt k.a. 1986; Hansson k.a. 1990; Toth k.a. 1992).

Oni scias, ke kelkaj masklaj insektoj havas ampleksan respondkapablon al granda variado de feromona komponanto-proporcio. Miller & Roelofs (1980) elmontris, ke la insekto *A. velutinana*, malgraŭ ke ĝi estas forte allogata de nur unu feromona profilo, ankaŭ respondas pozitive al aliaj variaĵoj de tiu profilo en kamparo. Variado en la kvanto de feromonaj komponantoj eble elmontras pli kompleksajn rilatojn inter malsimilaj populacioj.

Gemeno k.a. (2000) malkovris, ke geografie distancaj populacioj de *A. ipsilon* montras ĥemi-komponentan proporcion diferencon en ĝia seksa feromono. Malgraŭ tio, sub laboratorioj kondiĉoj la maskloj ne estas kapablaj distingi inter femalaj individuoj devenantaj de sia propra populacio kompare al tiuj devenintaj de alia populacio. Studoj uzantaj populaciojn de *Cnaphalocrocis medinalis* (Lep.: Pyralidae) alvenintaj el Japanio, Filipinoj kaj Bharato montris, ke la insektoj japandevenaj ne estas allogataj de la feromonoj de la filipinaj kaj bharataj populacioj. Sed la japana feromon-profilo estis alloga al tiuj du.

En ĉi tiu ekzemplo ne estas klare, ĉu temas pri variado en la feromona proporcio inter la du populacioj de la sama specio aŭ ĉu estas

diversaj specioj genetike tre proksimaj, kiuj uzas malsimilajn seksajn feromonojn (Kawazu k.a. 2000). Foje, en malsimilaj populacioj de sama specio, la perceptado pri seksa feromono fare de maskla individuo kaj ĝia produktado fare de femaloj povas ŝanĝi iun kompare al alia. Tiu fenomeno okazis en japanaj kaj tajlandaj populacioj de *Phthorimaea operculella* (Lep.: *Gelechiidae*), kiam oni konstatis subtilan diferencon pri la perceptokapablo de la maskloj el la du populacioj, tamen ne havantaj signifan malsimilecon en la feromon-produktado fare de la femaloj (Ono k.a. 1997).

Polimorfa variado

Tiu variado okazas, kiam la apartaj populacioj malsimilas rilate al ĥemiaj komponantoj de seksa feromono, t.e. unu populacio havas ian ĥemian komponanton en sia seksa feromono, kiu ne estas en alia (Lofstedt 1990). Izomera malsimileco de unu el tiuj sekskomponentoj inter la populacioj estas raraĵo. Ĝi jam okazis en *Nezara viridula* (Hemiptera: *Pentatomidae*) (Ryan k.a. 1995), *Choristoneura rosaceana* (Lep.: *Tortricidae*) (El-Sayed k.a. 2003) kaj *Ostrinia scapularis* (Lep.: *Crambidae*) (Takanashi k.a. 2005). Kelkaj komponantoj en seksferomono povas roli kiel reprodukt-izolanto inter populacioj. Subchev k.a. (1996) konstatis, ke la komponanto (Z)-5-tetradecenil-acetato estas substanco, kiu havas sinergian rolon en la feromono-profilo, kaj funkcias seksallogante masklojn de la specio *Amathes c-nigrum* (Lep.: *Noctuidae*). En Kanado ĝi agis tute male, montrante malallogan efikon en eksperimento pri aliaj insektoj de la sama specio en orienta Eŭropo.

Feromona variado kaj taksonomio

La seksferomon-komponenta variado produktas striktan specifecon, kiu kontribuas al la speciiga proceso aŭ helpas la rekonon de proksimaj specioj morfologie tre similaj. Roelofs & Comeau (1969) montris, ke la feromona malsimileco estas la unusola maniero de reprodukta izoliĝo inter du specioj de lepidopteroj. Kaj ili emfaze sugestas, ke tion eksplikas la speciiga hipotezo.

La specioj *Archips mortuanus* kaj *A. argyrospilus* (Lep.: *Tortricidae*) estas morfologie la samaj, havas similajn sezonajn vivodaŭrojn, sin nutras per la samaj plantoj kaj ankaŭ ĝiaj raŭpoj estas egalaj. Nur post la studado de iliaj feromon-komponentoj estis eble distingi inter

ili. En Novzelando, la eksperimentoj de Gibb k.a. (2006), uzantaj kaptilojn kun feromonoj de la specio *Pseudocoremia suavis* (Lep.: *Geometridae*) dismetitaj en la tuta lando, sugestas la ekzistadon de komplekso de strikte rilataj specioj, surbaze de la variada proporcio de insektoj kaptitaj.

Komparinte la komponantojn de la seksa feromono de tri specioj de parazitoidoj, nome *Glyptapanteles indiensis*, *G. liparis* kaj *G. flavicoxis* (Hymenoptera: *Brachonidae*), Danci k.a. (2006) strukturis ilian filogenezan proksimecon, donante plian evidenton de ilia aktuala taksonomia pozicio, kiel samgenraj insektoj. Ankaŭ bioĥemiaj studoj pri la metabolisma vojo, kiu produktas feromonon estas uzeblaj por rekonu genetikan proksimecon inter specioj. Zhu k.a. (1996b), per bioĥemiaj studoj de du apartaj populacioj de *O. nubilalis* (Lep.: *Crambidae*), kiuj estas malsimilaj nur pro la izomerio de la ĉefa komponanto de sia seksa feromono (raso Z kaj raso E), sugestas, ke alia specio, *O. furnacalis*, eble devenis de la variado de feromonoj de Z-raso *O. nubilalis*, pro la simila metabolisma vojo kiu sintezas la feromonon en tiuj du specioj.

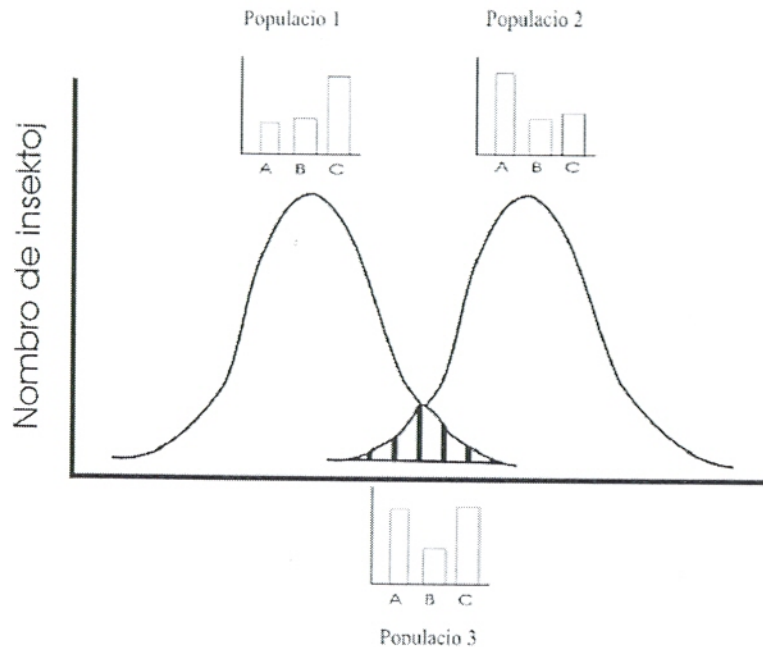
Kompara studo de la sinteza vojo de seksa feromono en *A. segetum* montras, ke la ŝanĝo en la ĉen-longeco de unu el la feromonaj ĥemiaj antaŭuloj estas sufiĉa por produkti du rasojn kun malsimilaj proporcioj de seksa feromono (Wu k.a. 1999). Miyanoshita & Tatsuki (2001) proponis, ke la variado en feromonaj komponantoj de du rasoj de *Aspidiotus cryptomeriae* (Hemiptera: *Diaspididae*) respondecas por la reprodukta izoliĝo jam ekzistanta inter ili, kiu povas evolui al simpatia speciiga proceso.

Genetika variado

La manieroj apartigi la genojn respondecajn por la produktado de la komponantoj de seksa feromono difinas la diferencon, kiun ni povas trovi laŭlonge de la evoluo. Variado en la alela frekvenco de tiuj genoj, en apartigitaj insektoj, iom post iom generos novajn populaciojn, ekde kiuj stariĝos novaj specioj.

Genetikaj studoj montris, ke ofte la feromon-respondeciga geno estas ligita al unusola aŭtosoma genetika loko, kiu havas du alelojn (Zhu k.a. 1996a; Takanashi k.a. 2005). Foje, la specia diverseco permesas la reproduktadon inter du individuoj, kiuj havas malgrandan variadon en la feromona profilo kaj tio generas trian profilon, novan feromonan miksrasulon (Bildo 1). Ekzemple, iu specio havas tri komponan-

tojn en sia feromona profilo (A,B kaj C). Du populacioj de tiu sama specio havas diferencon en la kvanto de ĉiu komponanto, kiu kontribuas al seksa nemikseblo inter la du populacioj. La populacio 1 havas tri-komponentan feromonon, sed la komponanto C estas en pli granda kvanto ol la du ceteraj.



Figuro 1: Ekzemplo de la ekapero de feromona miksrasula populacio per miksiĝo de ekstremaj individuoj.

La populacio 2 siavice havas grandan kvanton de la komponanto A, kompare al B kaj C. Miksrasula profilo aperas, kiam oni konstatas trian feromonan profilon en kelkaj individuoj en unu aŭ alia populacio, eble rezulte de rara reproduktiĝo inter maloftaj miks-profilaj individuoj (pere de ordinara malsimileco inter la individuoj). En tiu tria profilo, la kvantoj de A kaj C estas similaj (la genoj A kaj C aperas en la sama insekto).

Tiu fenomeno permesas al sciencistoj fari laboratoriajn studojn por malkovri la genetikan meĥanismon, kiu difinas la feromonan variadon kaj kompreni, kiel ĝi kaŭzas speciigon per reprodukta kaj kondukta izoligo. Populacioj de *O. scapularis* el Japanio montras tiun genetikan meĥanismon de feromona profilo (miksraso), post la rezulto de reproduktiĝo inter individuoj de apartaj populacioj rilate al izomero de la ĉefa komponanto de seksa feromono (Takanashi k.a. 2005). Wu k.a. (1999) ekhavis miksrasulojn inter du populacioj de tiu specio el Zimbabvo kaj Svedio en laboratorio.

Variado inter kampara kaj laboratoria populacioj

Peña k.a. (1988) konfirmis la ekzistadon de granda variado en la feromona profilo de laborariaj kaj naturaj populacioj de *O. nubilalis*. La "Fondanta Efiko" estas unu el la plej kredeblaj manieroj ekspliki la malsimilecon trovitan inter laborariaj kaj kamparaj populacioj. Tiu fenomeno konsistas en la izoligo de kelkaj individuoj de la populacio, kiuj konsekvence generas novan populacion, kies genetika profilo devenas de tiuj malmultaj fondintaj individuoj (Futuyama, 1992).

Laboratoria insekta bredado komenciĝas per kaptado de malmultaj individuoj el la medio. Laborariaj kondiĉoj ofte ofertas bonan vivoperspektivon al insektoj, kiel konstanta nutraĵo kaj malĉeesto de naturaj mortigaj kaŭzoj kiel klimato kaj predantoj. Kiam la selektiga premo ekzistanta en la kamparo ne plu ekzistas, tiuj kondiĉoj ŝanĝas la alelan frekvencon, kiuj restus stabilaj se tiuj insektoj plurestus en la medio.

Grava esploro farita de Roelofs k.a. (2002) provas klarigi la evoluigan meĥanismon de seksa feromono pere de antaŭulaj genoj. Ĝiaj rezultoj sugestas, ke abrupta ŝanĝo de antaŭula geno en la insekto estas ebla afero, kaj tio povas ŝanĝi la metabolisman vojon de seksa feromona sintezo, kies konsekvenco estas la origino de nova molekulo inter la komponantoj de feromono. Li ankaŭ montris, ke estas kelkaj masklaj insektoj en la populacio kapablaj percepti tiun ŝanĝon.

Tiu eksperimento klarigas, ke abruptaj ŝanĝoj en la insektaj feromon-komponentoj kaj ampleksa respondkapablo de maskloj en la sama populacio al tiom da diversaj feromonaj profiloj estas kredebla evolua vojo al kondukta kaj reprodukta ekizoligo dum mallonga tempodaŭro.

Geografiaj faktoroj kaj variado en feromonoj

Geografiaj malebenaĵoj kaj distancoj estas la ĉefaj kialoj de variado en insektaj feromonoj. Reprodukta izoligo pro geografiaj bariloj, kiuj apartigas du grupojn de sama populacio, povas ŝanĝi la alelan frekvencon respondecan pri la feromona sintezo en unu el tiuj grupoj, kaj tiel ŝanĝiĝas la ĥemia profilo. La plejmulto el la sciencaj artikoloj pri polimorfaj kaj monomorfaj variadoj en la feromona profilo studas individuojn el malsimilaj lokoj, ekde proksimaj regionoj ĝis kontinentaj distancoj (Arn k.a. 1983; Roelofs k.a. 1985; Lofstedt k.a. 1986; Foster & Roelofs, 1987; Hansson k.a. 1990; Toth k.a. 1992, 1996; Subchev k.a. 1996; Gibb k.a. 2006).

Geografiaj karakterizaĵoj de iu loko, kie loĝas populacioj, povas siavice influi la dinamikon de feromona perceptado kaj aliaj faktoroj rilataj al la kapablo de insekto respondi al feromonoj. McNeil (1991) avertas pri la influo de temperaturo kaj taga longdaŭro de altaj latitudoj en la kapablo de insektoj percepti feromonon, same kiel tiuj faktoroj ankaŭ devas influi emision fare de femalo, se ni ĝin komparas kun la samtipa insekto, kiu vivas en tropiko, kie la temperaturoj estas pli altaj kaj konstantaj kaj la taga longeco malmulte ŝanĝiĝas.

Voltinismo

Voltinismo estas la nombro de generacioj, kiujn la insektoj idigas jare. Tiu nombro ofte ŝanĝiĝas, ekde unu generacio jare (univoltinismo), du (bivoltinismo) ĝis pluraj (polivoltinismo). Tiu fenomeno eble ankaŭ influas la intraspeciajn malsimilecojn de feromonoj.

La diferenco en voltinismo inter populacioj favoras la reproduktan izoligon, per nepermeso de renkontiĝo inter unu kaj alia laŭlonge de la tempo. Roelofs k.a. (1985) malkovris tri rasojn de *O. nubilalis* en Usono, du el tiuj bivoltinajn. Inter tiuj, unu havas la izomeron E de la feromona ĉefkomponento (11-tetradecenil-acetato) kaj la alia havas kiel ĉefan komponanton la izomeron Z. La tria raso ankaŭ estis Z, sed univoltinisma.

Tamen, tiu tendenco ŝajnas ne esti ordinara afero. Genetikaj studoj montras grandan similecon inter eŭropaj rasoj de *O. nubilalis*, kiuj diferencas unu de la alia per feromona profilo, geografia distanco kaj voltinismo. Malgraŭ ke tiuj kondiĉoj estas favoraj al reprodukta izoligo de tiuj populacioj, ili ankoraŭ estas genetike tre similaj (Marçon k.a. 1999). Do, speciigo en tiu okazo ŝajnas neprobabla.

Rezisteco kontraŭ feromonaj kaptiloj

La uzado de feromonaj kaptiloj por amasa kaptado kaj seksa misrenkontigo cele protekti plantaron povas rezultigi ŝanĝojn en feromona perceptado de kelkaj insektoj. Ĝi estus la necesa selektiva premo por kaŭzi evoluan ŝanĝadon en feromona komunikado. Haynes & Baker (1988) elmontris, ke jam okazis ŝanĝo de insekta feromona perceptebleco en *Pectinophora gossypiella* (Lep.: Gelechiidae). Tiuj sciencistoj sugestas, ke konstanta uzado de feromonaj kaptiloj cele al populacia regado de tiu plago selekte premas la femalojn pligrandigi siajn emisiojn de feromono, por rivali kontraŭ tiuj de la kaptiloj. Samtempe maskloj fariĝis pli kapablaj percepti altigon en la kvanto de feromona emisio de femaloj.

Siavice Evenden & Haynes (2001) studis la noktopapilion *Trichoplusia ni* (Lep.: Noctuidae), kaj faris eksperimenton uzante la ordinaran femalan seksan feromono-profilon por misrenkontigi la masklojn. La rezultoj montris, ke tio produktis fortan selektivan premon sufiĉan por influi la frekvencon de raraj aleloj en la populacio, respondecaj pro la variado en la feromona profilo. Tiu kontraŭplaga metodo povas selekti tiujn rarajn profilojn en monomorfa populacio, kaj grade ŝanĝi en la populacio la kvanton de insektoj, kies kvanto da feromonoj produktitaj de femaloj estas pli altaj ol la aliaj, kaj selekti la masklojn kapablajn percepti tiun ŝanĝon. Konsekvence, ni havas la evoluon de insektoj rezistantaj al seksa-misrenkontiga kontraŭplaga metodo (Evenden & Haynes 2001).

Pearson k.a. (2004) diskutas la efikecon de tiuj kaptiloj surbaze de la konduto de la femalaj insektoj antaŭ la feromono de samspeciaj individuoj. Per matematikaj modelaĵoj li sugestas, ke la metodo de seksa misrenkontigo per uzado de sintezitaj feromonoj perdas sian efikon, kiam oni uzas ĝin kontraŭ specioj, kiuj ordinare ŝanĝas sian seksan konduton antaŭ rivalado kontraŭ samspeciaj individuoj por la atento de la maskloj.

Konkludo

Granda variado en la intraspecia ĥemia profilo de seksaj feromonoj dum la lastaj tridek jaroj, reflektas la grandan variecon ekzistantan inter insektoj, samtempe montras, kiom dinamismaj estas tiu varieco kaj ŝanĝoj per kiuj tiuj organismoj postvivis. Ĝis antaŭ nemultaj jaroj la feromonajn kaptilojn oni konsideris granda promeso kiel kontraŭ-

plaga regad-metodo, sen eblo ke la insektoj akirus rezistecon kontraŭ substancoj, kiuj ludas gravan rolon en ilia vivo.

La freŝdataj studoj elmontris la malveron de tiu aserto. Kaj male al la ĝenerala kredo, specio en relative mallonga tempo povas abrupte ŝanĝiĝi akorde al ŝanĝoj en la medio. Samtempe, la studado de tiuj variaĵoj permesas plialtigi la konon de la meĥanismo, per kiu okazas biologia evoluo, kiu finiĝas en speciiga proceso per konduta kaj, konsekvence, reprodukta izoliĝo.

Referencoj

- Arn H., P. Esbjerg, R. Bues, M. Toth, G. Szocs, P. Guerin & S. Rauscher (1983). Field attraction of *Agrotis segetum* males in four european countries to mixtures containing three homologous acetates. *Journal of Chemical Ecology* 9: 267–275.
- Bailey J., L. McDonough & M. Hoffmann (1986). Western avocado leafroller, *Amorbia cuneana* (Walsingham). (Lepidoptera: Tortricidae) Discovery of populations utilizing different ratios of sex pheromone components. *Journal of Chemical Ecology* 12: 1239–1245.
- Danci A., P. Schaefer, A. Schopf & G. Gries (2006). Species-specific closerange sexual communication systems prevent cross-attraction in three species of *Glyptapanteles* parasitic wasps (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control* 39: 225–231.
- El-Sayed A., N. L. J. Delisle, L. Gut, G. Judd, S. Legrand, W. Reissig, W. Roelofs, C. Unelius & R. Trimble (2003). Geographic variation in pheromone chemistry, antennal electrophysiology, and pheromone-mediated trap catch of north american populations of the obliquebanded leafroller. *Environmental Entomology* 32: 470–476.
- Evenden M. & K. Haynes (2001). Potential for the evolution of resistance to pheromone-based mating disruption tested using two pheromone strains of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 100: 131–134.
- Foster S. & W. Roelofs (1987). Sex pheromone differences in populations of the brownheaded leafroller, *Ctenopseutis obliquana*. *Journal of Chemical Ecology* 13: 623–629.
- Futuyama D. (1992). *Biologia Evolutiva*. Sociedade Brasileira de Genética.
- Gemeno C., A. Lutfallah & K. Haynes (2000). Pheromone blend variation and cross-attraction among populations of the black cutworm moth (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of Entomological Society of America* 93: 1322–1328.
- Gibb A., D. Comeskeuy, L. Berndt, E. Brockerhoff, A. El-Sayed, H. Jactel & D. Suckling (2006). Identification of sex pheromone components of a New Zealand geometrid moth, the common forest looper *Pseudocoremia suavis*, reveals a possible species complex. *Journal of Chemical Ecology* 32: 865–879.
- Hansson B., M. Toth, C. Lofstedt, G. Szocs, M. Subchev & J. Lofqvist (1990). Pheromone variation among eastern european and a western asian population of the turnip moth *Agrotis segetum*. *Journal of Chemical Ecology* 16: 1611–1621.
- Haynes K. & T. Baker (1988). Potential for evolution or resistance to pheromones - Worldwide and local variation in chemical communication system of pink boll-worm moth, *Pectinophora gossypiella*. *Journal of Chemical Ecology* 14: 1547–1560.
- Kawazu K., J. Hasegawa, H. Honda, Y. Ishikawa, S. Wakamura, H. Sugie, H. Kamiwada, T. Kamikuro, Y. Yoshiyasu & S. Tatsuki (2000). Geographical variation in female sex pheromones of the rice leafroller moth, *Cnaphalocrocis medinalis*: identification of pheromone components in Japan. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 96: 103–109.
- Lofstedt C. (1990). Population variation and genetic control of pheromone communication systems in moths. *Entomol. Exp. Appl.* 54: 199–218.
- Lofstedt C., J. Lofqvist, B. Lanne, J. V. D. Pers & B. Hansson (1986). Pheromone dialects in european turnip moths *Agrotis segetum*. *Oikos* 46: 250–257.
- Março P., D. Taylor, C. Mason, R. Hellmich & B. Siegfried (1999). Genetic similarity among pheromone and voltinism races of *Ostrinia nubilalis* (Hubner) (Lepidoptera: Crambidae). *Insect Molecul. Biol.* 8: 213–221.
- McElfresh J. & J. Millar (2001). Geographic variation in the pheromone system of the saturniid moth *Hemileuca eglanderina*. *Ecology* 82: 3505–3518.
- McNeil J. (1991). Behavioral ecology of pheromone-mediated communication in moths and its importance in the use of pheromone traps. *Annual Review of Entomology* 36: 407–430.
- Miller J. & W. Roelofs (1980). Individual variation in sex pheromone component ratios in two populations of the readbanded leafroller moth, *Argyrotaenia velutinana*. *Environmental Entomology* 9: 359–363.
- Miyanooshita, M. & S. Tatsuki (2001). Role of sex pheromones in reproductive isolation between two host races in *Aspidiotus cryptomeriae* Kuwana (Homoptera: Diaspididae). *Appl. Entomol. Zool.* 36: 199–202.
- Ono T., P. Chouvalitwongporn & T. Saito (1997). Comparison of the sex pheromone system between Japanese and Thai populations of the potato tuberworm moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Appl. Entomol. Zool.* 32: 514–517.
- Peña A., H. Arn, H.-R. Buser, S. Rauscher, F. Bigler, R. Brunetti, S. Maini & M. Toth (1988). Sex pheromone of european corn borer, *Ostrinia nubilalis*: Polymorphism in various laboratory and field strains. *Journal of Chemical Ecology* 14: 1359–1366.
- Pearson G., S. Dillery & J. Meyer (2004). Modeling intra-sexual competition in a sex pheromone system: how much can female movement affect female mating success? *Journal of Theoretical Biology* 231: 549–555.
- Pontes W. (2007). Aleloĉemio, molekula komunikado inter plantoj kaj insektoj. *Scienca Revuo* 58: 222–230.
- Roelofs W. & A. Comeau (1969). Sex pheromone specificity: taxonomic and evolutionary aspects in lepidoptera. *Science* 165: 398–400.
- Roelofs W., J.-W. Du, X.-H. Tang, P. Robbins & C. Eckenrode (1985). Three european corn borer populations in New York based on sex pheromones and voltinism. *Journal of Chemical Ecology* 11: 829–836.
- Roelofs W., W. Liu, G. Hao, H. Jiao, A. Rooney & C. E. Linn jr. (2002). Evolution of moth sex pheromones via ancestral genes. *Evolution* 99: 13621–13626.

Ryan M., C. Moore & G. Walter (1995). Individual variation in pheromone composition in *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae): how valid is the basis for designating "pheromone strains"? Comp. Biochem. Physiol. 111B: 189–193.

Subchev M., M. Toth, G. Szocs, G. Stan & A. Botar (1996). Evidence for geographical differences in pheromonal responses of male *Amathes c-nigrum* L. (Lep., Noctuidae). Journal of Applied Entomology 120: 615–617.

Takanashi T., Y. Huang, K. Takahasi, S. Hoshizaki, S. Tatsuki & Y. Ishikawa (2005). Genetic analysis and population survey of sex pheromone variation in the adzuki bean borer moth, *Ostrinia scapulalis*. Biological Journal of the Linnean Society 84: 143–160.

Toth M., C. Lofstedt, B. Blair, T. Cabello, A. Farag, B. Hansson, B. Kovalev, S. Maini, E. Nesterov, I. Pajor, A. Sazonov, I. Shamshev, M. Subchev & G. Szocs (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. Journal of Chemical Ecology 18: 1337–1347.

Toth M., N. Talekar & G. Szocs (1996). Optimization of blends of synthetic pheromone components for trapping male limabean pod borers (*Etiella zinckenella* Tr.) (Lepidoptera: Phycitidae): Preliminary evidence on geographical differences. Bioorganic and Medicinal Chemistry 4: 495–497.

Vilela T. D.-L. E. 2001. Feromônios de Insetos - Biologia, Química e Emprego no Manejo de Pragas. Editora Holos.

Wu W., C. Cottrell, B. Hansson & C. Lofstedt (1999). Comparative study of pheromone production and response in Swedish and zimbabwean populations of turnip moth, *Agrotis segetum*. Journal of Chemical Ecology 25: 177–196.

Zhu J., C. Lofstedt & B. Bengtsson (1996a). Genetic variation in the strongly canalized sex pheromone communication system of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hubner (Lepidoptera: Pyralidae). Genetics 144: 757–766.

Zhu J., C. Zhao, F. Lu, M. Bengtsson & C. Lofstedt (1996b). Reductase specificity and the ratio regulation of E/Z isomers in pheromone biosynthesis of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Insect Biochem. Molec. Biol. 26: 171–176.

Adreso de la aŭtoro

Wendel J. TELES PONTES

Avenida Santa Rita 421

Casa 04 – Centro

BR 36570-000 Viçosa – MG / BRAZIL

<wendeltp@hotmail.com>

Priaŭtoro informo

La aŭtoro estas biologo, doktoriĝanta pri entomologio ĉe la Federacia Agronomia Universitato de Pernambuko (*Universidade Federal Rural de Pernambuco*) kaj Federacia Universitato de Visozo (*Universidade Federal de Viçosa*) en Brazilo, kies fakstudo estas ekologia ĥemio, re-produktado kaj konduto de insektoj.

Bulgaraj inĝenieroj konstruis aŭtomobilon motoron, movatan per akvo

Dimitur HAĜIEV

La bulgara semajna gazeto "168 ĉasa" ("168 horoj") en sia numero 44 de la 2-a ĝis 8-a de novembro 2007 raportis, ke inĝ. Ĉavdar Kamenarov kaj lia filo inĝ. Plamen Kamenarov el la urbo Plovdiv traveturis 50 kilometrojn sur la stratoj de sia hejma urbo per sia 23-jara aŭtomobilo "Škoda 120", ŝargita per 4 litroj da akvo en la rezervujo. "La molekuloj de la akvo disfalis al hidrogeno kaj oksigeno, kiuj iras en la motoron kaj ekbrulas", tiel eksplikas inĝ. Plamen Kamenarov. Laŭ li tiel funkcias la benzinaĵ kaj dizelaj aŭtomobiloj.

La patro kaj filo laboras super sia invento ekde tri jaroj kaj apenaŭ antaŭ tri semajnoj sukcesis irigi la aŭtomobilon kaj traveturi la unuajn 50 km pere de akvo el la kuireja akvokrano. La prilaboraĵo de la patro kaj filo Kamenarov estas rezulto de centoj da esploroj pri motoroj. La sistemo estas tre simpla kaj konsistas el akva rezervujo kaj kelkaj tuboj malsamaj laŭ speco kaj antaŭdestino.

"La akvo en la rezervujo estas hejtigata kaj transformiĝas al vaporo. La akvaj vaporoj estas kondukataj en reaktoron. La sistemo, plej ĝenerale dirite, malkomponas la akvon laŭ magnet-terma vojo. Ene de la reaktoro troviĝas magneta kerno, kiu sub la influo de alta temperaturo interagis kun la akvo. La kreita magneta kampo igas la akvan molekulon malstabila kaj ĝi malkomponiĝas al hidrogeno kaj oksigeno. Ĝuste tiuj ĉi du gasoj iras pere de tuboj en la motoron kaj tie komenciĝas la proceso de brulado.

Ekzakte la samaj estas la benzinaĵ kaj dizelaj sistemoj, ĉar ankaŭ ĉe ili la brulado de benzino kaj oksigeno movas la pistojn", provas plej simple klarigi sian inventon inĝ. Ĉavdar Kamenarov. Li estas instruisto ĉe la Plovdiva profesia gimnazio pri transporto. Kune kun sia filo Plamen li inventis ankaŭ sistemon de tuboj, per kiu la malutilaj gasoj