

## Pri la feromonoj

Lajos Kovács

*Katedro pri Organika Kemio, Universitato L. Kossuth, Egyetem tér 1., Pf. 20., H-4010 Debrecen, Hungario.  
Aktuala adreso: Organisch-chemisches Institut der Universität Zürich, Winterthurerstr. 190., CH-8057 Zürich,  
Svislando*

Komuniki necesas ne nur inter la homoj, sed ankaŭ inter la bestoj. Krom la aŭdado kaj vidado ankaŭ la flarado, palpado kaj gustumado liveras informojn pri la ekstera mondo al la koncerna vivulo. Ĉe la homoj la laste menciitaj tri estas malpli gravaj - aŭ pli precize: ni malpli konscias pri ilia graveco -, ĉar la plimulton de niaj informoj ni gajnas kaj disdonas son- kaj bildforme. Male, ĉe animaloj la aŭd-vida perceptado en ne malmultaj kazoj estas malpli grava kompare al la tri aliaj sensoj.

Multaj bestoj, precipe insektoj, utiligas kemiajn substancojn por interŝanĝi informon. Tiun „inform-medion“ ili uzas ĉefe tiam, kiam necesas indiki iun ne-varian, konstantan fenomenon, kies plia precizigo - kiun povus fari aŭdado aŭ vidado - estas superflua, ĉar la informo eĉ tiel estas unusenca. Pri kiuj informoj temas? Pri trovejo de nutraĵo, apero de malamiko, proksimeco de aliseksa individuo. La komuna nomo de substancoj uzataj inter la individuoj de sama specio estas **feromonoj** kaj oni distingas **seksajn, alarmajn, grupigajn** ktp. feromonojn, depende de ilia pli specifa rolo (vidu Tab. 1., 2., 3.). Por tiuj celoj la interŝanĝado de kemiaĵoj estas la plej ekonomia kaj sekura maniero, ĉar kelkaj bestoj, ĉefe insektoj, estas enviinde sentemaj al ili. La signalo [= kemia substanco] estas unusenca kaj nevaria, ĉar nur du kazoj povas esti: aŭ estas signalo (la emisiita fermono estas perceptebla) aŭ ne (la kvanto de feromono estas sub la respond-limo).

Multaj feromonoj estas volatilaj kombinaĵoj, ilia molekula maso varias inter 80 kaj 300. Por la per-aera propagado tio estas esenca kondiĉo, dum la feromonoj transigataj en akvo devas esti akvo-solveblaj. La volatilajn feromonojn la bestoj perceptas per flarado, la nevolatilajn per gustumado.

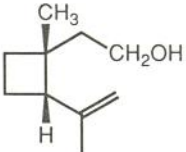
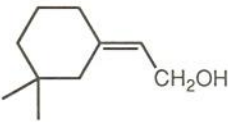
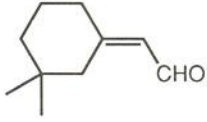
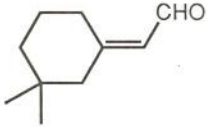
Vere, la sentiveco de kelkaj animaloj al feromonoj kelkfoje estas konsterniga. La femala papilio de silko-bombikso (*Bombyx mori*) produktas la seksan feromonon bombikolo (vd. Tab. 1.) el kiu eĉ unu sola molekulo kapablas allogi la masklan papilion! Tamen, por eviti falsajn reagojn, por sekura perceptado necesas la preskaŭ samtempa ekscitado de pluraj receptoroj. Tial la bombikolo troviĝas en ekstreme malgranda koncentro en la papilioj. Tiu fenomeno malfaciligis la izolon kaj la identigon: Butenandt kaj siaj kunlaborantoj en sia pionira verko el la olfakta glando de 500.000 femalaj papilioj kapablis izoli nur 12 miligramojn (!) da pura bombikolo...

Fakte, tiu sentiveco necesas, ĉar nur tio povas certigi, ke la masklo eĉ el dek-kilometra distanco, en kontraŭ-vento kapablu percepti la proksimecon de femalo. La bombikolo kaj la seksaj feromonoj de aliaj bestoj estas severe speci-specifaj: ili allogas la aliseksajn individuojn nur el la sama specio - tiel ne eblas kruc-pariĝo inter diversaj specioj.

Tab. 1. Sekŝaj feromonoj de kelkaj bestoj (f. = femalo; m. = masklo)

Besto	Strukturo de feromono
Abelo f. ( <i>Apis mellifera</i> )	
Granda vakso-tineo m. ( <i>Galleria mellonella</i> )	
Orienta frukto-tineo f. ( <i>Grapholitha molesta</i> )	
Maiz-piralo m. ( <i>Ostrinia nubilalis</i> )	
Silko-bombikso f. ( <i>Bombyx mori</i> )	
Zigzaga bombikso f. ( <i>Lymanthria dispar</i> )	
Koton-tineo f. ( <i>Pectinophora gossypiella</i> )	
Monarka papilio m. ( <i>Danaus plexippus</i> )	

(Tab. 1., daŭrigo)

Besto	Strukturo de feromono	
Koton-kurkulo m. ( <i>Anthonomus grandis</i> )		
		

La seksaj feromonoj de mamuloj estas produktataj en aŭ proksime al la seks-organoj. Ekz. la masklaj hamsteroj antaŭ kopulacio flaras kaj lekas la seksan sekrecion de femaloj. La seksa konduto ĉe maskloj tute malaperas, se la olfaktaj glandoj estas forigitaj.

La alarmaj feromonoj estas malpli specifaj kaj la bestoj estas malpli sentemaj je ili. Ekz. la alarma feromono de formiko *Acanthomyops cleviger*, se emisiita, atingas la efikan distancon (10 cm) ene de 2 minutoj kaj la signalo praktike malaperas post 8 minutoj. Se tiuj formikoj estus same sentemaj je la alarmaj feromonoj kiel je la seksaj, tio kaŭzus, ke la alarmo-ŝtato daŭrus eĉ dum kelkaj tagoj...




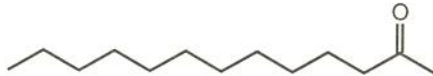
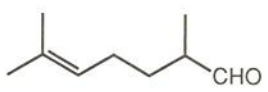
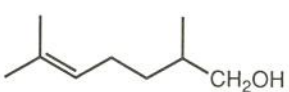
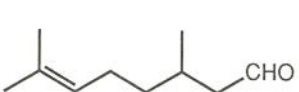
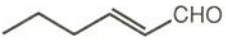
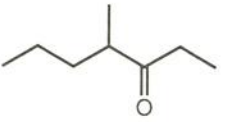
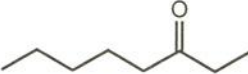
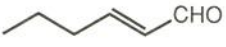
Ĝuste ĉar la alarmaj feromonoj estas malpli specifaj, eblas trompi kelkajn bestojn. Ekz. la molekuloj de 2-heptanono kaj *n*-butila acetato, kvankam tute diversaj kombinaĵoj, havas tre similan formon kaj tre similan feromonan aktivecon (vd. Fig. 1.).



Fig. 1. La formiko *Iridomyrmex pruinosus* uzas 2-heptanonon kiel alarman feromonon, sed ĝi estas perfekte trompebla per la simil-forma *n*-butila acetato

En pli alta koncentreco la alarmaj feromonoj povas servi kiel defendaj substancoj, ekz. tiel rolas la formia acido (HCOOH) ĉe formikoj. La pikantaj abeloj kun la veneno ellasas ankaŭ *izo*-amilan acetaton (vd. Fig. 2.), kiu instigas la abelojn ataki (piki) ĉe la sama loko.

Tab. 2. Alarmaj feromonoj de kelkaj bestogrupoj

Bestogrupa	Strukturo de feromono
Formikoj ( <i>Formicinae</i> )	
	
	
	
	
	
	
	
	
	
Formikoj ( <i>Myrmicinae</i> )	



(Tab. 2., daŭrigo)

Bestogrupo	Strukturo de feromono
Himenopteroj (Hymenoptera)	
Izopteroj (Isoptera)	

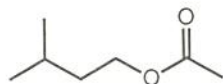


Fig. 2. Izo-amila acetato instigas la abelojn piki.

Kelkaj feromonoj efikas tuj (ekz. la alarmaj), aliaj pli daŭre, pli longtempe. La feromono de abelreĝino daŭre malhelpas la evoluon de ovarioj ĉe laboristoj, tiel nur la reĝino povas meti ovojn. Ne estas klare kiel propagiĝas la feromono, ĉu per aero, ĉu per la nutraĵo interŝanĝata inter la membroj de abelfamilio. Evidente, en tiu ĉi kazo la feromono de la abelreĝino rolas kiel inter-individua hormono.

La feromonoj taŭgas ankaŭ por markado. Ekz. la formikoj uzas la miksaĵon de kelkaj substancoj (vd. Fig. 3.) por marki sian spuron serĉante nutraĵon. Se vi ie vidas marŝantajn formikojn, provu la sekvan eksperimenton: detruu ilian vojon kelkajn centimetrojn longe, kaj vi vidos, ke la formikoj konfuzite serĉadas la vojon, ĉar vi forigis ankaŭ la substancojn uzatajn por la spur-markado. Fine, se iu kuraĝa formiko hazarde retrovas la vojon al la perdita avangardo, tiam, lasante sian „markilon“ post si, la formikoj jam sekvas ĝin kaj la marŝado plu daŭras laŭ la nova itinero.

Ne malofte ne unuopaj kombinaĵoj funkcias kiel feromonoj, sed iliaj miksaĵoj (vd. ekz. la seksajn feromonojn de koton-kurkulo en Tab. 1.). Aliflanke, la bestoj ofte uzas ruzajn kompleksojn de kemiaĵoj por atingi iun celon. Ekz. la masklo de farunskarabo (*Tenebrio molitor*), kiam stimilita far la seksa feromono de sia femalo, emisas feromonon, kiu malhelpas la seksan respondon de aliaj maskloj. Tiun saman feromonon ĝi transigas al la fekundigita femalo, tiel farante ĝin malpli alloga al aliaj maskloj. Imitinda, ĉu ne ?

Tab. 3. Grupigaj feromonoj de kelkaj insektoj

Insekto	Strukturo de feromono
Gren-skarabo ( <i>Trogoderma granarium</i> )	
	$CH_3(CH_2)_{14}CO_2C_2H_5$ $CH_3(CH_2)_{16}CO_2C_2H_5$
Ŝel-skarabo <i>Ips confusus</i>	
Ŝel-skarabo <i>Dendroctonus frontalis</i>	
Ŝel-skarabo <i>Dendroctonus brevicomis</i>	

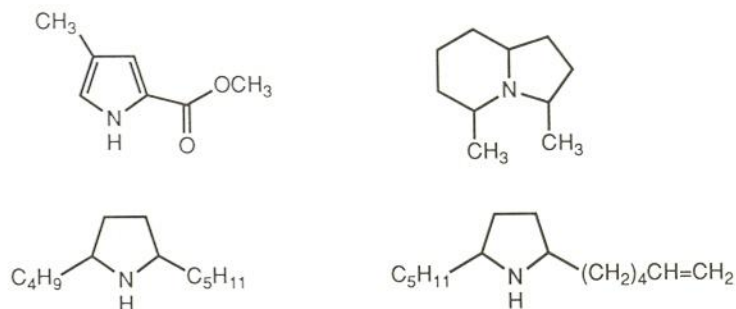


Fig. 3. La formikoj uzas ĉi tiujn substancojn por spur-markado.

#### Rekomendata literaturo

1. J. H. Law, F. E. Regnier, *Annu. Rev. Biochem.*, **40**, 533 (1971).
2. M. C. Birch (ed.), *Pheromones. Frontiers of Biology*, Vol. 32., North Holland Publishing Company, Amsterdam, London, 1974.
3. M. Rochstein, *Biochemistry of Insects*, Academic Press, New York, 1978. Vd. precipe la ĉapitrojn 8 kaj 10.
4. A. Butenandt, R. Beckmann, E. Hecker, *Hoppe-Seylers Z. Physiol. Chem.*, **324**, 71 (1961).
5. M. K. McClintock, *Nature*, **229**, 244 (1971).
6. D. R. Kelly, *Chemistry in Britain*, **26**, 124 (1990).

**Rimarko:** la teksto de tiu ĉi artikolo aperis en la universitata noto Kovács L.(komp.): *Esperant-lingva krestomatio por studentoj de kemio kun vortaroj esperanta-hungara, hungara-esperanta*, Kossuth L. Tudományegyetem, Debrecen (Hungario), 1990, p. 137., kun titolo „Komuniki necesas...”. Ĉi-jena versio enhavas nesignifajn ŝanĝojn kompare kun la originala versio.

#### De Incenso Antikva al Moderna Parfumo

R. Hauger

IKU—Prelego dum la 70-a UEA—Kongreso en Augsburgio 1985

*La konduto de la homoj estas ekde pratempo influita de la sensoperceptoj, kiuj influas nian nervosistemon. Ni vivas en mondo de odoroj, koloroj kaj sonoj (kiel poetas la franca verkisto Baudelaire). Sonoj kaj koloroj estas sufiĉe bone difineblaj kiel elektromagnetaj frekvencoj. Sed kiamaniere "manipulas" nin la odoroj? Tiuj stimuloj okazas ankoraŭ hodiaŭ laŭ mekanismo, kiu indikas la komunan pratempon de la vivaĵoj.*

*La plej multaj odoroj estas kompleksaj aroj de apartaj komponantoj, nur kelkaj plant- kaj bestodoroj estas kemie kaj psikologie analizitaj. Hodiaŭ ekzistas teorioj pri la formoj kaj efikoj de unuopaj molekuloj rilate la flaran senson. Pri muziko kaj pentroarto evoluis tradiciaj kutimoj tiel, ke modernaj son- kaj kolorkomponaĵoj estas nun plezure agnoskitaj.*

*Ĉi tiu temo traktas morojn kaj kutimojn de la parfumado kaj demandas, kiuj spertoj validas kaj ĝis kia grado: ekzemple, varbado uzas eblecojn psikologie influi nian konduton pere de sensoj.*

(Resumo el la kongreslibro)