

Feromonen: praten via stoffen

*door ir. Marga van Zundert,
wetenschapsjournalist*

Deze Chemische Feitelijkheid is geschreven in samenwerking met prof.dr. Marcel Dicke, hoogleraar Entomologie, Wageningen Universiteit, Postbus 8031, 6700 EH Wageningen, e-mail: Marcel.Dicke@wur.nl.

1.	Inleiding	203- 3
1.1	Vluchtige lokstoffen	203- 4
1.2	Orgaan van Jacobson	203- 5
2.	Identificatie van feromonen	203- 6
3.	Feromonen als insectenbestrijdingsmiddel	203- 8
3.1	Insectenbestrijding in de landbouw	203- 9
3.2	Gebruik (nog) op bescheiden schaal	203- 11
3.3	Insectenbestrijding buiten de landbouw	203- 12
4.	Feromonen als insectenlokmiddel	203- 13
5.	Honden en katten geruistellen	203- 13
6.	Rol feromonen bij communicatie tussen mensen	203- 15
7.	Literatuur en websites	203- 17

Chemische Feitelijkheden is een uitgave van ten Hagen & Stam bv in samenwerking met de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging.

1. Inleiding

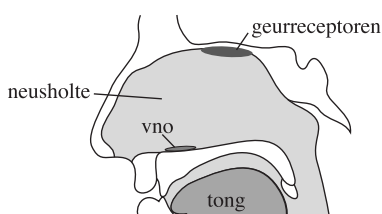
Veel wezens gaan snuffelend door het leven. Waar wij –mensen– vooral op onze oren en ogen vertrouwen om de wereld om ons heen te verkennen en te begrijpen, gaan zij af op geurtjes, smaakjes en signaalstoffen. Zo zetten mieren een geurspoor uit naar voedsel voor nestgenoten en gaan bastkevers af op de geur van rottend hout voor een maaltijd; het stinkdier gebruikt geur als verdedigingsmiddel en een varkensbeer produceert de stof androstenol in zijn mondslijm waardoor een vruchtbare zeug verstijft, zodat hij haar makkelijk kan beklimmen. Hier zijn feromonen in het spel.

Het woord feromoon is een samentrekking van de Griekse woorden *fero* (overbrengen/dragen) en *hormao* (in beweging brengen). Feromonen zijn stoffen die organismen uitscheiden via verschillende klieren om een reactie uit te lokken bij soortgenoten. Vaak worden feromonen verspreid om sexpartners te lokken (sexferomonen), maar er zijn ook feromonen die soortgenoten verjagen (territoriumferomonen), waarschuwen voor dreigend gevaar (alarmferomonen), soortgenoten bij elkaar roepen (aggregatieferomonen) en feromonen die soortgenoten de weg naar voedsel wijzen (spoorferomonen). Er zijn sterke aanwijzingen dat ook planten ‘praten’. Wordt een plant aangevreten dan produceert hij ‘S.O.S.-signalen’, stoffen die natuurlijke vijanden van de aanvaller aantrekken. Benedenwinds gelegen planten lijken de informatie ook op te pikken en ook noodsignalen te gaan maken. Dit om het dreigende gevaar voor te zijn.

Niet alle feromonen zijn overigens even voordelig voor de ontvanger. Zo zijn er slangen die soortgenoten lokken om ze op te eten. In de biologie wordt daarom nog een onderscheid gemaakt tussen [+,+], [+,-] en [-,+]-feromonen, respectievelijk gunstig voor zender én ontvanger, gunstig voor de zender maar niet voor de ontvanger en ongunstig voor de zender, maar gunstig voor de ontvanger. Sexferomonen vallen in de categorie [+,+], het eerder genoemde slangenferomoon in [+,-]. Dit wordt echter ([-,+]) wanneer een kleine kannibalistische slang een grotere en sterkere soortgenoot blijkt te hebben aangetrokken.

1.2 Orgaan van Jacobson

Feromonen kunnen opgevangen worden via smaakpapillen en geurreceptoren op de tong, in de neus of het vomeronasaal orgaan (vno), ook wel het Orgaan van Jacobson genoemd (zie Figuur 2). Dit orgaan ligt in de bodem van de neusholte en komt voor bij zoogdieren en reptielen.



0886-0389

Figuur 2. De locatie van het Orgaan van Jacobson (vno) bij de mens.

Om feromonen in het vno op te vangen, vertonen dieren typisch gedrag. Slangen laten hun lange tong door de lucht zwiepen. Paard, rund en geit 'flehmen': ze trekken hun bovenlip op en zuigen lucht naar binnen in hun licht geopende bek. De receptoren in het orgaan van Jacobson binden de feromonen en zenuwen geleiden het signaal naar de hersenen, waar ze zonder geur- of smaaksensatie een reactie uitlokken. Ook de mens bezit een vno. In omvang is deze echter klein (3 cm^3). Ter vergelijking: het vno van een hond is $18\text{-}150 \text{ cm}^3$ groot. Wetenschappers zijn er ook nog niet uit of het menselijk vno functioneel is of slechts een rudimentair overblijfsel zoals ons staartbeentje of blinde darm.

In de laatste decennia hebben wetenschappers veel feromonen ontdekt, hun chemische structuur geïdentificeerd en hun werking opgehelderd. Deze kennis is omgezet in nut, voornamelijk in de bestrijding van insecten, maar ook om huisdieren te kalmeren en om bijen naar fruitbomen te loodsen voor een grotere opbrengst. Eén intrigerende vraag blijft velen bezig houden: in hoeverre worden wij –mensen– (onbewust) gestuurd door feromonen?

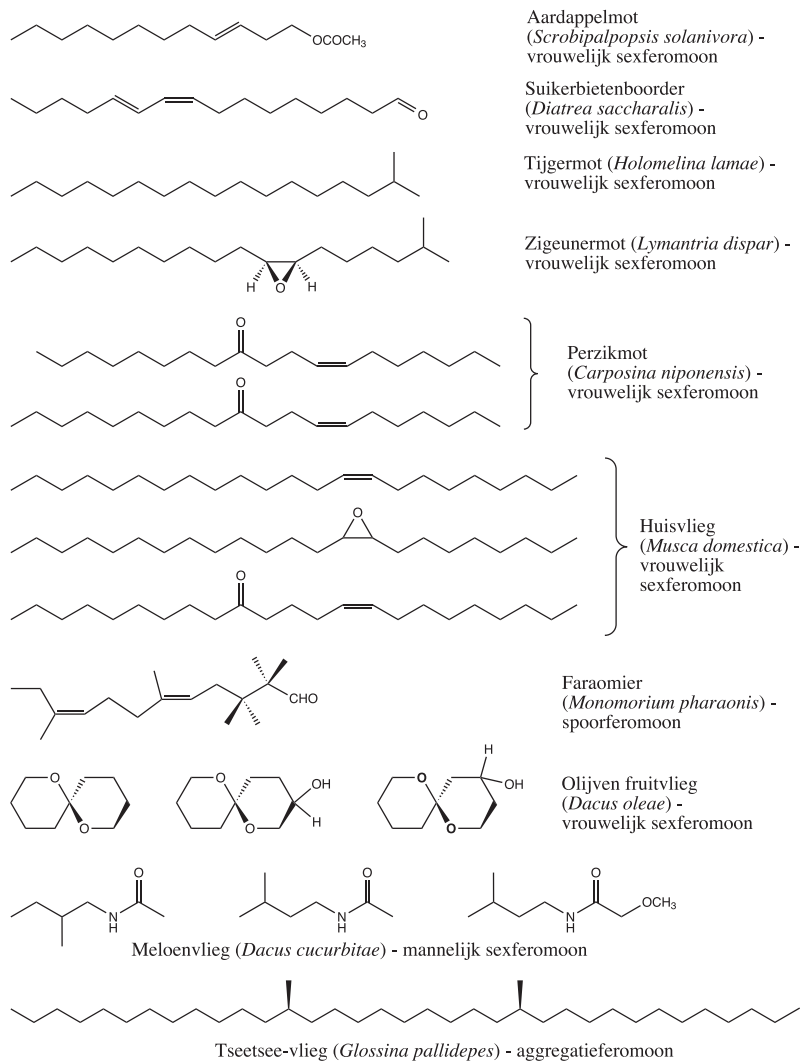
2. Identificatie van feromonen

Feromonen zijn zeer divers van chemische structuur. Dit komt doordat ze door verschillende klieren geproduceerd worden én doordat het ene feromoon zich in een heel ander milieu moet verspreiden dan het andere: een vissenferomoon moet sterk wateroplosbaar zijn, een insectenferomoon zeer vluchtig. Van de insectenferomonen is veruit de meeste structuurinformatie beschikbaar, vooral van de plaaginsecten die schade aan landbouw veroorzaken. Inmiddels zijn zo'n vijftienhonderd feromonen geïsoleerd en geïdentificeerd. De meeste hiervan zijn gebaseerd op vetzuren. Een (vrij willekeurige) selectie is gegeven in Figuur 3.

De identificatie van een feromoon vergt niet langer honderdduizenden insecten zoals bij bombykol; het kan tegenwoordig zelfs vaak non-destructief. Hiertoe wordt het insect in een luchtstroom geplaatst en gewacht tot het beestje feromonen afgeeft (dit is vaak zichtbaar door uitstulping van klieren aan het achterlijf). De luchtstroom wordt vervolgens over een dragermateriaal geleid dat de vluchtige stoffen absorbeert. Via gaschromatografie worden de verschillende componenten dan geanalyseerd. Aannemelijk is dat de hoofdcomponenten onderdeel zijn van het feromoon.

Dit wordt getest door de reactie van insectenantennes op de stof te bepalen. Een antenne wordt in een luchtstroom geplaatst en gemeten wordt op welke stoffen de antenne reageert (via de elektrische potentiaal over de antenne). Reageert de antenne inderdaad dan is dat een goed teken, maar nog geen bewijs. Uit proeven met levende dieren zal moeten blijken dat de juiste stof(fen) inderdaad gevonden zijn.

Voor een nachtvlinder die veelal duidelijk 'roept' (feromonen afgeeft), duurt een identificatietraject van een feromoon ongeveer een jaar. Bij insecten die niet zichtbaar roepen, is de klus aanzienlijk lastiger. In Wageningen werkten twee onderzoekers bijvoorbeeld vier jaar aan de isolatie van het sexferomoon van de groene appelwants. Omdat het om stoffen gaat met een zeer lage concentratie blijft het oppassen. Menig 'insectenferomoon' bleek uiteindelijk niet afkomstig van het insect zelf, maar van de plant die zijn lievelingskostje is.



Figuur 3. Voorbeelden van (hoofdcomponenten van) bekende insectenferomonen.

3. Feromonen als insectenbestrijdingsmiddel

Insecten en dieren volgen de 'opdrachten' van feromonen vrijwel automatisch op. Elke mannelijke zijderupsvlinder raakt in extase wanneer er bombykol in de buurt is. Elrits zoetwatervissen schieten zonder uitzondering in paniek weg wanneer er een soortgenoot in de buurt is met een huidwond. Wanneer de vis wordt beschadigd komen namelijk alarmferomonen uit de huid vrij. Ervaring telt echter ook. Komt een mot groot gevaar tegen op weg naar een verzamelpunt dan zal de herinnering zijn 'enthousiasme' de volgende keer dempen.

De bijna automatische reacties op feromonen maakt de stoffen uitstekend geschikt om insecten te bestrijden. Met synthetische lok- en verzamelferomonen kunnen insecten in vallen gevangen worden. Een val kan ook gecombineerd worden met een pesticide. Insecten die de val bezoeken worden dan vergiftigd of -nog efficiënter- verspreiden het pesticide (bv. een virus, schimmel of steriliserende stof) onder soortgenoten. Ook gecombineerde licht/feromoonvallen zijn een optie voor nachtvlinders. Soms is een val alleen bedoeld om te onderzoeken of er schadelijke insecten aanwezig zijn (monitoring). Vindt de landbouwer insecten in zijn val, dan is dat een teken om met (klassieke) bestrijding te starten. Een andere optie is sexferomonen in grote hoeveelheden uitzetten, hierdoor raken de insecten hun belangrijkste manier om een partner te vinden kwijt. De 'achtergrondgeur' is zo groot dat ze op hun beperkte zicht en het toeval moeten afgaan. Insecten weghouden van de planten kan ook met feromonen. Het vrouwtje van de kersenboorvlieg markeert de kers waar zij haar eieren in heeft gelegd met een feromoon. Een teken voor haar soortgenoten een andere kers op te zoeken. Een spray met dit feromoon kan kersbomen beschermen. Het middel is echter nog niet commercieel verkrijgbaar.

Feromonen lijken een bijna magisch bestrijdingsmiddel: één milligram feromoon is voldoende om duizenden beesten te lokken. Hierdoor is insectenbestrijding met feromonen potentieel ook erg goedkoop. Bovendien is het soortspecifiek en is de kans op resistentieontwikkeling zeer klein. Tabel 1 geeft een overzicht van de bekendste producenten van feromonen en vallen voor insectenbestrijding.

Tabel 1. Belangrijke feromoonleveranciers en hun producten

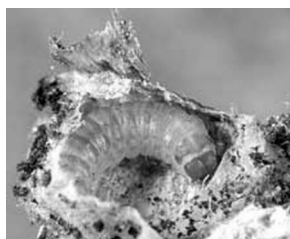
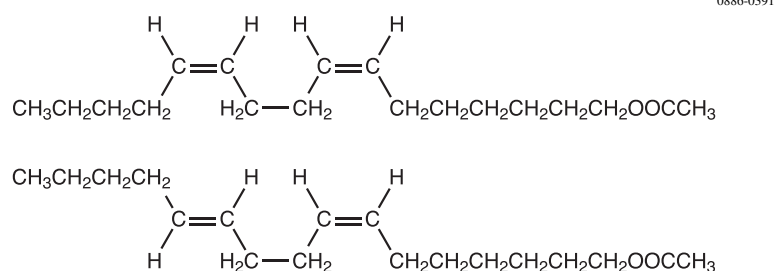
Producent	Land	Website (www)	Doelinsecten (o.a.)	Toepassing	Productnaam
AgriSense	UK	agrisense.co.uk	Kakkerlakken	Monitoring, vallen	
BASF	Duitsland	basf.de	Motten, fruitvliegen	Paarverstoring, vallen	RAK
Bedoukian	USA	bedoukian.com	Motten, muggen, kevers	Monitoring, vallen, paarverstoring	Grandlure
Chemtica	Costa Rica	pheroshop.com	Fruitvliegen, motten, kevers	Monitoring, vallen, paarverstoring	Cosmolure+
Suterra	USA	suterra.com	Motten, boorders, kevers	Monitoring, vallen	BioLure, Checkmate, Scenturion
Denka Chemie	Nederland	denka.nl	Vliegen, mieren en muggen	Vallen, sprays	Lurectron
HortResearch	Nieuw Zeeland	hortresearch.co.nz	Motten, bladrollers	Monitoring	Desire
IPM technologies	USA	ipmtech.com	Motten, kevers	Monitoring, vallen, paarverstoring	Intercept
Isagro	Italië	isagro.com	Motten, vliegen	Monitoring, vallen, paarverstoring	Carpotrap, Dacotrap, Mastrap
Pherobank	Nederland	pherobank.nl	Motten, kevers	Monitoring, vallen, paarverstoring	
Phero Tech	Canada	pherotech.com	Wespen, motten, kevers, bijen	Monitoring, vallen, bijen lokken	Wing Trap, Fruit Boost
Shin-Etsu	Japan	shinetsu.co.jp		Paarverstoring	
Trécé	USA	trece.com	Motten, rupsen, kevers	Monitoring	Pherocon
Troy biosciences	USA	troybiosciences.com			

3.1 Insectenbestrijding in de landbouw

Een succesvoorbeeld van insectenbestrijding met behulp van feromonen is de bestrijding van de *pink bollworm* in de katoenteelt. De pink bollworm (*Pectinophora gossypiella* - een Nederlandse naam bestaat niet) is de larve van een nachtvlinder die enorme schade kan toebrengen aan de katoenoogst. De larve vreet zich diep in in de katoenpluis

203-10 Feromonen: praten via stoffen

waar hij vrijwel onbereikbaar is voor conventionele pesticiden. Het synthetische sexferomoon van de vlinder bracht de oplossing en wordt inmiddels wereldwijd toegepast. Het is o.a. bekend onder de marknaam Glossyplure[®] (zie Figuur 4)



Figuur 4. De chemische structuur van Glossyplure en de pink bollworm.

Een overdaad aan sexferomoon, verspreid door middel van geïmpregneerde holle staafjes die tussen de struiken worden gehangen, verstoort de paring van de nachtvlinder dusdanig dat er weinig tot geen eieren meer worden gelegd. Dankzij Glossyplure is de pink bollworm nu goed te bestrijden en daalde het gebruik van traditionele pesticiden drastisch, waardoor ook andere plaaginsecten bleken te verdwijnen. Veel natuurlijke vijanden (spinnen, wespen, lieveheersbeestjes etc.) van de plaaginsecten stierven namelijk ook door het overmatige gebruik van pesticiden.

Een andere 'katoenvreter', een langsnuutkever genaamd *boll weevil*, is ook onder controle gebracht met feromonen. In het zuiden van de VS wordt de kever gevangen in massavallen. Lokstof is Grandlure[®]

(zie Tabel 1), een combinatie van het sex- en aggregatieferomoon van deze langsnuitkever. In het paarseizoen worden vooral mannetjes gevangen, de rest van het jaar beide seksen. Het heeft echter tientallen jaren van onderzoek en experimenten gekost voordat de vallen effectief genoeg waren. Belangrijk bleek dat katoentelers in een groot gebied meededen.

Een laatste succesvoorbeeld is de bestrijding van de bananensnuitkever op grote bananenplantages in Zuid-Amerika. Dit gebeurt met Cosmolure[®], het aggregatieferomoon van de kever (zie Tabel 1).



0886-0392

Figuur 5. Een feromoonval voor de maïsboorder.

3.2 Gebruik (nog) op bescheiden schaal

Ondanks de bovengenoemde succesvoorbeelden en de voordelen vindt insectenbestrijding met feromonen nog maar op bescheiden schaal plaats. In Europa gebruikt bijvoorbeeld maar twee procent van de fruittelers feromonen. En in Nederland worden ze vooralsnog alleen ingezet voor monitoring. Dat het gebruik van feromonen nog geen grote vlucht heeft genomen heeft diverse redenen. Ten eerste moet er een geschikt feromoon beschikbaar zijn voor de plaag in kwestie. Er zijn op dit moment zo'n 1500 insectenferomonen geïdentificeerd, vooral van 'plaaginsecten'. Op een totaal van zo'n 5000 bekende plaaginsecten lijkt dit veel, maar op de naar schatting meer dan zes miljoen insecten die onze planeet telt is het weer een schijntje. Een insectenbestrijdingsproject op basis van feromonen start

daarom nog steeds vrijwel altijd met de isolatie van het geschikte feromoon. Zo sloot het Wageningse Plant Research International begin 2003 een contract af met de Zuid-Afrikaanse theeproducent Rooibos Ltd. om feromonen te identificeren van twee nachtvlinders waarvan de larven het gemunt hebben op rooibosplanten. Plant Research International bezit overigens de grootste verzameling feromonen, de Pherobank, met daarin meer dan vierhonderd verschillende feromonen afkomstig van 150 insecten (www.pherobank.nl).

Een ander bekend probleem bij de insectenbestrijding met behulp van feromonen is de hoge voortplantingssnelheid van veel insecten. Vallen met een sexhormoon moeten meer dan 95 procent van de mannetjes wegvangen, wil de populatie daadwerkelijk afnemen. Belangrijk is dan ook dat de vallen over een groot gebied verspreid worden. Doet de buurman niet mee dan werkt het vaak niet. Insecten blijken bovendien erg ingenieus te zijn in het ontsnappen uit vallen. Ook onbekendheid met feromonen en tegenwerking vanuit de machtige insecticidenproducerende internationals worden meer dan eens genoemd als remmende invloeden op de bestrijding van insecten met feromonen.

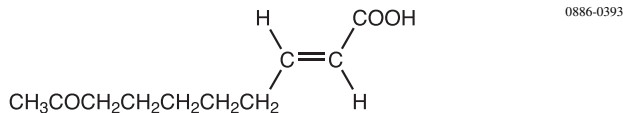
3.3 Insectenbestrijding buiten de landbouw

Niet alleen in de landbouw is belangstelling voor insectenbestrijding met behulp van feromonen. Ook in de gezondheidszorg en in het gewone huishouden kunnen feromonen hun nut (gaan) bewijzen. Er lopen bijvoorbeeld onderzoeksprojecten in Afrika om de tsetsevlies (slaapziekte) te vangen met hulp van het sexferomoon. De Amerikaanse defensie onderzoekt of ze haar soldaten op missies kan beschermen tegen de mug die gele koorts veroorzaakt met feromonenvallen. De Amerikaanse gezondheidsinstantie NIH heeft onlangs geld vrijgemaakt om tekenvallen te ontwikkelen in een poging om de ziekte van Lyme te bedwingen die met name de gezondheid van boswachters en -bouwers bedreigt. In Nederlandse 'natuurwinkels' zijn vallen (plakkende strookjes) te koop geïmpregneerd met het sexferomoon van de gewone huismot. De mannetjesmotten worden naar de strookjes gelokt en blijven erop plakken: geen mottenballengeur meer in huis en geen pesticiden.

4. Feromonen als insectenlokmiddel

Insecten bestrijden is de belangrijkste toepassing van feromonen. Maar insecten zijn niet altijd ongewenst. Zonder bestuiving van de bloemen door bijen zal een fruitoogst immers niet groot zijn. Er zijn dan ook bijenlok-sprays te koop, gebaseerd op het feromoon Queen Mother Pheromone (QMP), om op fruitbomen te spuiten. Bijen blijken langere tijd op de bloemen van bespoten bomen door te brengen en meer soortgenoten naar de betreffende bomen te sturen.

QMP werd eind jaren zestig ontdekt en is een mengsel van vijf verschillende stoffen. Met dit feromoon laat de koningin weten dat ze in huis en gezond is. Zonder het feromoon vervalt een bijenvolk in chaos. Twee van de bestanddelen, de vetzuren (E)-9-oxo-2-decenoic acid (9-ODA) en 9-hydroxy-2-decenoic acid (9-HDA), zorgen ervoor dat werksters er niet toe overgaan nog een koningin in de korf 'aan te stellen'. De hoofdcomponent van QMP is een ketocarbonsuur (zie Figuur 6). Deze component kan alle reacties van de natuurlijke 'mix' oproepen maar is minder effectief dan de natuurlijke mix.



Figuur 6. De hoofdcomponent van het bijenkoninginnenferomoon.

5. Honden en katten geruststellen

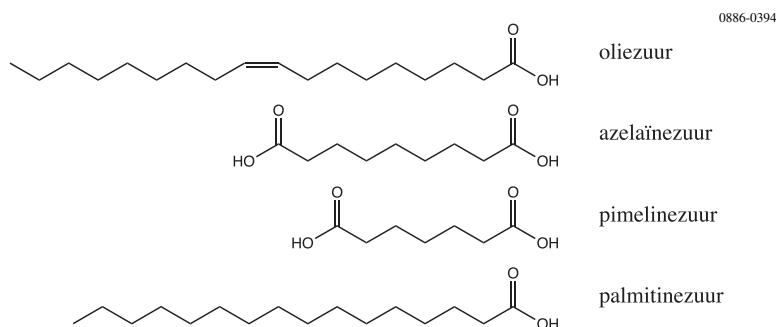
Een verhuizing, het baasje op vakantie of een nieuwe huisgenoot kan bij huisdieren tot grote stress leiden. Vaak uiten ze dit door 'onaangepast' gedrag. Katten doen hun behoefte juist naast de kattenbak, krabben de bekleding van de bank of 'sproeien' (geur afzetten) tegen deuren en meubels. Honden met verlatingangst geven soortgelijke problemen: ze blaffen continu, slopen huisraad en worden incontinent.

De Franse diergeneesmiddelenfabrikant Ceva Santé Animale heeft een oplossing in de vorm van geruststellende feromonen. Deze feromonen zijn ontdekt door de Franse dierenarts Patrick Pageat (werk-

203-14 Feromonen: praten via stoffen

zaam bij Pherosynthese) via chromatografische analyse. Een prestatie op zich, want feromonen bij zoogdieren zijn –in tegenstelling tot die bij insecten– vaak niet monomoleculair. Het zijn complexe mengsels van stoffen, met name van eenvoudige vetzuren.

Voor katten is er Feliway[®], een geurloos synthetisch feromoonmengsel bestaande uit oliezuur, azelainezuur, pimelinezuur en palmitinezuur (zie Figuur 7). Deze stoffen maken onderdeel uit van het feromoon dat katten uitscheiden via klieren rond de mond (mondhoek en snorharen) wanneer zij zich prettig en veilig voelen. Via ‘kopjes’ verspreiden ze het feromoon in hun vertrouwde omgeving: op deurposten en stoelpoten. Feliway is er als spuitbusje en als plug-in verdamper (stopcontact).



Figuur 7. De componenten van Feliway[®].

Om katten gerust te stellen wanneer er een nieuwe kat in de groep komt is er Felifriend[®], een synthetisch mengsel van een cholestaanderivaat, oliezuur, pimelinezuur en boterzuur. Dit mengsel is een imitatie van het feromoon dat sociale binding stimuleert en agressief gedrag remt. Katten die binnen een hechte, stabiele groep wonen scheiden dit feromoon af nabij hun oren. Ook dit feromoon wordt via ‘kopjes’ binnen het groepsterritorium verspreid.

Om honden met bindingsangst gerust te stellen is er de DAP-verdamper. Dit Ceva-product bevat een synthetisch analogon van het feromoon DAP, Dog Appeasing Pheromone. Moederhonden scheiden dit feromoon af via talgklieren rond de tepels om de pups gerust te

stellen. Ook bij volwassen honden heeft het middel nog een geruststellend effect.

Het uitscheiden van een kalmerend feromoon tijdens de zoogperiode blijkt een algemeen fenomeen bij zoogdieren en ook bij de mens (zie paragraaf 6). Inmiddels is er ook voor varkens (Pig Appeasing Pheromone) een synthetisch analogon ontwikkeld dat wordt verkocht onder de naam Suilence®. Het middel helpt biggen tijdens het spenen of verhoeken te kalmeren. Een paardenvariant (Equine Appealing Pheromone) is in ontwikkeling, met name om paarden tijdens het transport zo rustig mogelijk te houden.

6. Rol feromonen bij communicatie tussen mensen

De vraag of mensen (onbewust) communiceren via feromonen blijft velen boeien. Met name de mogelijkheid van een ultieme liefdesparfum op basis van feromonen spreekt tot de verbeelding: een 'geurtje' dat alle leden van de andere sekse onweerstaanbaar aantrekt. Op internet verwijst het eerste tiental hits op 'feromoon' naar dergelijke parfums, en menig reclame voor parfums, zeep en aftershave suggereert dat dit feromoon al ontdekt is. Bewijzen voor chemische communicatie tussen mensen zijn er echter nog niet, wel sterke aanwijzingen. Zo ontdekten Belgische wetenschappers twintig verschillende geurreceptoren op spermacellen. Het vermoeden is dat ze feromonen van de eikel oppikken om zo hun weg naar de eikel te vinden. Sperma bevat ook prostaglandines, een klasse stoffen waarvan bekend is dat zij de baarmoeder stimuleren tot samentrekken. Ook dit zou de weg van zaadcel naar eikel vereenvoudigen, maar ook hier ontbreekt sluitend bewijs.

Een ander onbegrepen fenomeen waarbij feromonen in het spel zouden kunnen zijn is moeder-kind herkenning. Twee van de drie moeders kiezen 'op de geur' (geblinddoekt) hun eigen kind uit drie pasgeboren baby's; ruim twee keer zoveel als op basis van statistiek verwacht mag worden. Het bekendste en wetenschappelijk meest onderzochte fenomeen is de synchronisatie van de menstruatiecycli van vrouwen die in één huis wonen. Bij ratten is aangetoond dat synchronisatie van menstruatiecycli verloopt via twee feromonen. Amerikaanse wetenschappers van de Universiteit van Chicago stel-

den eind jaren negentig twintig vrouwen dagelijks bloot aan geurloze stoffen uit het okselzweet van vrouwen die voor- of achterliepen in hun cyclus en bekeken het effect. Zij vonden een statistisch relevante versnelling of vertraging van de cyclus: het bewijs dat feromonen ook bij mensen een rol spelen aldus de onderzoeksters. Statistici kwamen echter met kritiek op de onderzoeksmethoden, volgens hen is het ultieme bewijs ook met dit onderzoek nog niet geleverd.

Een tegenslag voor al diegenen die aan het ultieme liefdesparfum werken, is het recente onderzoekswerk van Jianzhi Zhang en David Webb van de Universiteit van Michigan in de VS. Zij tonen aan dat twee genen die zorgen voor signaaloverdracht in het orgaan van Jacobson bij de mens (en mensapen) niet functioneel zijn. De genen zijn er wel, maar zijn verschoven naar een deel van het chromosoom dat inactief lijkt. De eerdere ontdekking van het bestaan van deze genen had enkele jaren geleden juist voeding gegeven aan het idee dat het orgaan van Jacobson nog wel werkt. Het gaat namelijk om genen waarvan de equivalenten bij muizen de basis vormen voor hun sekslust. Wanneer deze genen bij muizen via genetische modificatie uitgeschakeld worden vertonen de dieren nog maar bitter weinig interesse voor de andere sekse en produceren nauwelijks nakomelingen.

Volgens Zhang en Webb zijn de twee genen zo'n 23 miljoen jaar geleden 'verplaatst'. Het verdwijnen van de feromooncommunicatie werd gecompenseerd door het zien van een uitgebreider spectrum aan kleuren (rood, oranje en groen). De onderzoekers concluderen dat het synchroniseren van de menstruatiecycli bij vrouwen in ieder geval niet verloopt via het Orgaan van Jacobson, dat is naar hun mening een niet-functioneel, rudimentair orgaan. Maar dat wil niet zeggen dat er via andere wegen geen (onbewuste) communicatieprocessen verlopen. De oudste en meest gebruikte geurstoffen in parfums zijn muskus en civet, stoffen die bij het muskushert en de civetkat als lokstoffen voor het andere geslacht dienen. En bekend is dat geuren van vroeger sterke herinneringen kunnen oproepen.

7. Literatuur en websites

- Insect pheromones and their use in pest management, P. Howse, I. Stevens, O. Jones, Chapman & Hall, 1998, ISBN 0-412-80470-0.
- Insect pheromone research - new directions, R.T. Cardé, A.K. Minks, Chapman & Hall, 1996, ISBN 0-412-99611-1.
- Geurentaal, W.C. Agosta, Natuur & Techniek , 1995, ISBN 90-73035-39-2.
- K. Stern, M.K. McClintock, *Regulation of ovulation by human pheromones*, Nature 1998, 392, 177.

Internet

- De wonderde wereld der feromonen, hangmat.etv.cx/indexNE.html
- www.pherobank.nl