

ANVÄNDNING AV SEXUALFEROMONER SOM VARNINGS – OCH BEKÄMPNINGSMETOD

Ett feromon är en kemisk substans - eller oftast en blandning av substanser - som avges av en individ och som utlöser en beteendereaktion hos en annan individ av samma art. Det finns feromoner med olika funktioner, t.ex. aggregations-, alarm-, sexual- och äggläggningshämmande feromoner. Den substansblandning som en fjärilshona avger för att lockar till sig hanar inför parningen kallas för sexualferomon. Sexualferomoner visar individernas reproduktiva status och utgör en effektiv kommunikation mellan könen. "Semiochemicals", signal- eller budskapsdofter, är ett överordnat begrepp som även omfattar beteendeaktiva substanser mellan olika arter.



Peter Witzgall

Hane av lövskogsnunna (*Lymantria dispar*). I de yviga antennerna sitter luktsensorerna.

Feromoner består av flera komponenter

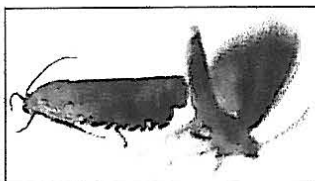
Feromoner består för det mesta av flera kemiska substanser: en huvudkomponent och ett antal s.k. synergister. Typiska feromonsubstanser hos nattfjärilar är molekyler med ogrenade kolkedjor, 10 till 18 kolatomer långa, med en eller två dubbelbindningar och med en acetat, alkohol eller aldehyd som funktionell grupp. Feromoner är helt artspecifika, även om närbesläktade arter kan uppvisa stora likheter. Två arter kan till och med använda samma feromonkomponenter men har då artspecifika proportioner.

En syntetiskt framställd (konstgjord) huvudkomponent kan ensam vara tillräcklig för att lockar hanar. Men genom att blanda till synergistiska komponenter ökar hanarnas beteendesvar, även om man använder en lägre dos. Synergister förstärker svaret ifrån artegna hanar, men kan ha en mycket stark motsatt effekt på närbesläktade arter. Substanserna kan alltså samtidigt verka som synergister för en art och som antagonist för andra arter.

Detta faktum kan ha stora konsekvenser för tillämpningar där man använder sig av syntetiska feromonsubstanser. För det första kan en syntetisk feromonkomponent ensam locka flera olika arter, eftersom artspecifika synergister/antagonister saknas. För det andra kan ett förorenat syntetiskt feromon slumpvis innehålla antagonister, som hindrar att målinsekten attraheras till betet. Rening och kvalitetskontroll av syntetiska feromonsubstanser är därför av största vikt för en säker tillämpning i varningsfällor.

Fjärilshonan producerar och avger feromon

Fjärilshonor lockar till sig hanar inför parningen med en artegen doft, ett sexualferomon, som produceras i en särskild körtel på bakkroppen. Honan "lockar", det vill säga avger feromon under artens aktivitetsperiod. Hos många arter är detta under några timmar vid skymningen eller i början på



Parningsdans hos ärtvecklaren (Cydia nigricana).

natten. Honan sitter stilla, lyfter upp bakkroppen och exponerar feromonkörteln. Mängden feromon som avges är bara några miljarddelar gram per timme.

Fjärilshonans feromonblandning kan identifieras med kemiska analysmetoder. Substanserna kan sedan syntetiseras och hanarnas beteendestyrning på det konstgjorda feromonet undersökas. Enbart substanser som både förekommer i honans feromonkörtel och som utlöser ett orienterat parningsbeteende hos hanen är per definition del av feromonet.

Hanen svarar genom att flyga mot honan

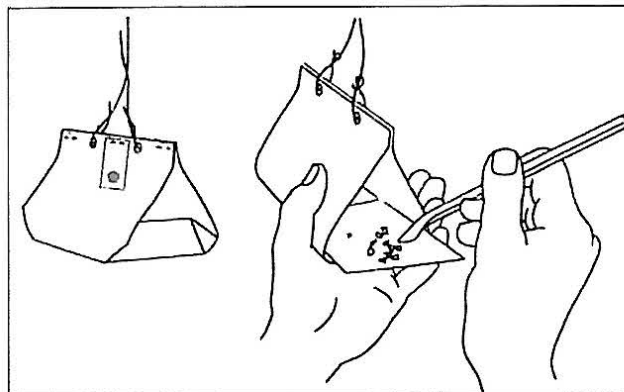
Hanen fångar upp feromonsubstanserna med specifika receptorer som finns på antennernas sinneshår. Hanantennerna är otroligt känsliga och registrerar lockande honor på långt avstånd. Sexualferomoner utlöser omedelbart en väldigt stark beteenderekation. Hanen börjar svirra med vingarna och flyger upp med vinden. Eftersom honans feromon bärs mot vinden, kommer hanen att finna henne i den uppåtgående vindriktningen. Hanen kan i sin tur avge feromoner under själva parningsdansen, efter det att han har landat nära honan. Men i motsats till honans feromoner är dessa substanser bara aktiva över korta avstånd, några cm.

Feromonforskningen 50 år

1959 lyckades Adolf Butenandt identifiera den första feromonsubstansen någonsin. Det var från silkesfjärilen *Bombyx*. Upptäckten gav honom nobelpriset i kemi 1939 och blev startpunkten för en omfattande forskning kring dofter och luktsinnet. För upptäckten av doftreceptorernas genetiska kod fick Richard Axel och Linda Buck nobelpriset 2004. Just nu försöker forskare att förstå hur hjärnan känner igen dofter och hur dofter styr olika beteenden. Hos bananflugan *Drosophila*, en modellorganism bland annat för mänskliga sjukdomar, är doftuppfattningen från receptorer på antennen till doftcentrum i hjärnan redan kartlagd.

Feromonforskningen drevs även av visionen att kunna ersätta giftiga bekämpningsmedel med ogiftiga och artspecifika feromoner som dessutom inte slår ut nyttodjur utan enbart skadeinsekter. Idén har blivit verklighet, och många feromonbaserade bekämpningsmetoder är effektivare än behandlingar med insektsgifter. Feromonbaserad bekämpning används idag på över 1 miljoner ha världen runt, och feromonbetade prognosfällor på över 10 miljoner ha.

Världen står inför stora framtida utmaningar - trots klimatförändringar måste livsmedelsproduktionen öka för att kunna försörja en växande



Peter Witzgall

Feromonfälla med uttagen klisterbotten. Ett antal hanar har fastnat på klisterskivan, ditlockade av syntetiskt feromonbete. Fällorna används för att upptäcka förekomsten av skadegörare och för att följa deras flygperiod. De kan däremot inte användas för bekämpning av skadegörare.

befolkning. Det är inte möjligt att öka jord- och trädgårdsproduktionen genom att använda mer bekämpningsmedel! Däremot är det möjligt att bekämpa skadeinsekter på ett hållbart och mer effektivt sätt, genom att etablera biologiska bekämpningsmetoder.

Feromonfällor för varning och prognos

Fällor betade med syntetiskt framställt feromon är ett synnerligen känsligt och effektivt instrument för att upptäcka förekomsten av skadegörare och för att följa deras flygperiod. Fällorna som används är oftast triangelformade, med en klisterskiva som botten, där hanar som lockats dit fastnar. Den syntetiska feromonblandningen finns på ett gummiseptum som sitter fast i fällans tak. Antal fångade hanar kan korreleras mot populationstätheten – fällorna visar om insekticidbekämpning överhuvudtaget behövs och när tidpunkten är optimal för en eventuell behandling. Fällorna ska vittjas en gång per vecka för att ge ett tillförlitligt resultat.

Feromonfällor är kommersiellt tillgängliga för de flesta skadegörande fjärilsarter av betydelse. Fällorna har blivit ett mycket viktigt redskap för att effektivisera och optimera användningen av insekticider. Enbart feromonfällor kan däremot inte användas för bekämpning av skadeinsekter – även om vissa företag marknadsför feromonfällor med hjälp av detta felaktiga påstående.

En absolut nödvändig förutsättning är att odlaren kan lita på feromonfällorna – doseringen och renheten av feromonsubstanserna som används i fällorna måste därför vara kända, konstanta och utprovade. Det har tyvärr inträffat upprepade gånger att företag levererat fällor med en ny feromonblandning utan att denna först testats i fält och utan att odlaren eller rådgivaren informerats om förändringarna. Resultatet kan bli att fällfångsten varierar starkt från ett år till ett annat, eller i värsta fall att fällorna plötsligen inte är attraktiva alls.

Förvirring med feromoner som artspecifik och giftfri bekämpning

Feromoner används också för giftfri bekämpning med den s.k. förvirringstekniken. Genom att sprida ut syntetisk feromon jämt inom en odling, hittar hanarna inte längre de artegna honorna och någon parning kommer därmed inte till stånd.

Inom förvirringstekniken formuleras feromonblandningen i någon form av dispenser, t.ex. plaströr eller plastkapslar. Dispensrarna sätts fast för hand i grödan, appliceringen tar oftast inte mer tid än en insekticidbehandling. En dispenser som används för förvirring av äpplevecklaren i fruktodlingar avger 10 000 gånger mer feromon än en äpplevecklarhona. Denna mängd är fortfarande ca. 10 gånger mindre än det ett äppleträd avger av **a-farnesen**, ett av många doftämnen som avges av blad och frukter på ett äppleträd. Kostnaden för syntetiskt framställda feromonsubstanser har sjunkit drastiskt under de senaste 15 åren, i takt med en ökad tillämpning av förvirringsmetoden.

I motsats till insekticidbehandlingar blir förvirringsteknikens effekt allt starkare vid upprepade behandlingar. Odlingskosystemets stabilitet ökar eftersom rovdjur och parasiter inte längre slås ut. Vissa sekundära skadegörare som t.ex. spinnkvalster, bladlöss och bladvecklare kan enbart växa till betydande populationsstorlek i frånvaro av dessa naturliga fiender, en oönskad konsekvens av insekticidbekämpningar.

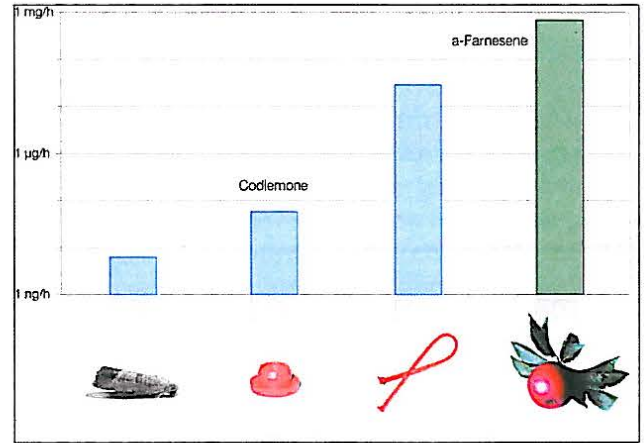
Feromonmetodens fördelar visar sig samtidigt vara dess svaghet. Förvirringsmetoden är artspecifik, det är enbart målinsekten som påverkas, inte andra skadegörare som förekommer på samma gröda. Dessutom blir grödan inte förgiftad så honor som parats utanför odlingen kan obehindrat flyga in och lägga sina ägg, eftersom enbart hanarnas beteende påverkas. Feromonbehandlade ytor måste därför ligga på åtminstone några kilometers avstånd från konventionellt behandlade odlingar.

Vid behandling av större ytor blir metoden mer effektiv eftersom det är enklare att behålla en konstant koncentration av feromon i luften och inflygningen av parade honor minskar i betydelse. I takt med att odlarnas kunskaper om förvirringsmetoden ökar, växer deras förtroende för tekniken och behandlingen med insekticider minskar avsevärt.

Feromontillämpning i Sverige

Äpplevecklare (*Cydia pomonella*)

Varningsfällor för äpplevecklaren används i fruktodlingar världen över och är ett enkelt och tillförlitligt redskap för att registrera flyperiodens förlopp. Utan dem kan det vara ytterst svårt att bestämma rätt tid för insekticidbekämpning, särskilt under perioder med ovanligt höga eller låga temperaturer. Både under en kall sommar med en lång utdragen flyperiod eller en mycket varm sommar kan det finnas en utpräglad flygtopp under sensommaren – antingen en försenad första generation eller en



Ett feromonbete (rött gummiseptum) som används i feromonfällor avger cirka 10 gånger mer äpplevecklarferomon (codlemone) än en äpplevecklarhona. Feromondispenser för bekämpning med förvirringsmetoden avger 10 000 gånger mer än en lockande hona. Äppleträd avger hundratals doftämnen, enbart av huvudkomponenten a-farnesen avges 10 gånger mer än en förvirringsdispenser avger feromon.

andra generation. En feromonfälla ger svar på frågan om ytterligare bekämpning är nödvändig.

Förvirringsmetoden mot äpplevecklaren används i Amerika, Australien, Afrika och Europa på sammanlagt ca. 200 000 ha. Under förutsättning att den behandlade odlingen ligger tillräckligt långt ifrån andra äppleodlingar och att äpplevecklarpopulationen ej överskrider en kritisk gräns är feromonbekämpning ett gångbart alternativ till insekticidbehandlingar. Feromonmetoden registrerades 2006 i Sverige.

Feromonbekämpning möjliggör odling av äpple på ett både ekologiskt och ekonomiskt sätt. Förvirringstekniken används på ca. 20 ha i Sverige, huvudsakligen i ekodlingar. Andra biologiska bekämpningsmetoder som *Bacillus thuringiensis*



Feromondispenser för bekämpning av äpplevecklaren applicerad i odlingen.

eller parasitsteklar förmår inte kontrollera äpplevecklaren, eftersom larven går rakt in i äpplet. Granulosviruset är ett bra komplement till feromonförvirring, men måste kombineras med konventionell besprutning eller feromonförvirring.

Bekämpning av andra fjärilsarter med samtidig flygperiod som äpplevecklaren kan utföras genom att blanda deras feromonkomponenter med äpplevecklarferomon i samma dispenser. Frostfjärilar och nattflyn flyger däremot mycket sent eller tidigt under året och feromonbehandling mot dessa arter är därför oekonomisk. Men åter igen - det råder tvivel om hur viktiga dessa arter blir i obesprutade odlingar med en ostörd parasit- och rovdjursfauna.

Varningsfällor för alla sekundära skadegörare på äpple är kommersiellt tillgängliga.

Rönnbärsmal (*Argyresthia conjugella*)

Feromonfällor för rönnbärsmalen kan inte användas i bekämpningssyfte, men en honfälla betad med syntetiskt framställd rönndoft kan sätta stopp för inflygningar av rönnbärsmalen. Metoden registreras nu i Norge.

Ärtvecklare (*Cydia nigricana*)

Kommersiella varningsfällor är betade med ett para-feromon som är mycket mindre attraktivt än ärtvecklarens eget sexualferomon. Dessa fällor är lämpliga för att bestämma flygperiodens början och tiden för insekticidbehandlingen. Däremot är de inte lämpliga som prognosfällor, för att bestämma hurvida bekämpning behövs eller ej.

Förvirringstekniken har visat sig vara synnerligen effektiv för bekämpning av ärtvecklaren. Förvirringstekniken mot ärtvecklaren används inte i Sverige idag, eftersom insekticidbekämpning fortfarande är mycket billigare.

Feromonmetodernas framtid

Feromonfällor för varning och prognos och bekämpningsmetoder baserade på feromoner finns också för de viktigaste skadegörarna i skogen. Klimatförändringar leder till stora skalbaggsangrepp i nordamerikanska barrskogar. Här finns stor potential för utveckling av feromonbaserade

metoder. Storskalig bekämpning mot en invasiv art, lövskogsunnann (*Lymantria dispar*) i östra USA pågår på mer än 200 000 ha.

Leverantör av feromonprodukter

Feromondispensrar för bekämpning av äpplevecklaren och fallor för äpplevecklaren och ett antal andra arter finns hos Phero.Net AB (www.phero.net).

Litteratur

Bengtsson, M., Karg, G., Kirsch, P. A., Löfqvist, J., Sauer, A., Witzgall, P. 1994. Mating disruption of pea moth *Cydia nigricana* F. (Lepidoptera: Tortricidae) by a repellent blend of sex pheromone and attraction inhibitors. *Journal of Chemical Ecology* 20:871–887.

Bengtsson, M., Jaastad, G., Knudsen, G., Kobro, S., Bäckman, A.-C., Pettersson, E., Witzgall, P. 2006. Plant volatiles mediate attraction to host and non-host plant in apple fruit moth, *Argyresthia conjugella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 118:77–85.

Ridgway, R. L., Silverstein, R.M., Inscoc, M. N. 1990. *Behavior-modifying chemicals for insect management: applications of pheromones and other attractants*. Marcel Dekker, New York

Witzgall, P., Stelinski, L., Gut, L., Thomson, D. 2008. Codling moth management and chemical ecology. *Ann. Rev. Entomol.* 53:503–522.

Witzgall, P., Kirsch, P., Cork, A. 2010. Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology* 36:80–100.

Text

Marie Bengtsson
och
Peter Witzgall
SLU

Område Växtskyddsbiologi
Avd. för kemisk ekologi
Box 102, 230 53 Alnarp
Tfn. 040-41 50 00
e-post: Marie.Bengtsson@slu.se,
Peter.Witzgall@slu.se

Februari 2011 rev.



Faktablad om växtskydd ges ut inom områdena Jordbruk och Trädgård

Faktabladerna kan beställas som årsabonnemang, komplett serie eller enstaka exemplar. Faktablad om jordbruk finns också som nedladdningsbar pdf.

Eftertryck av denna publikation är förbjudet enligt lag. Den som vill mångfaldiga något av innehållet måste först få tillstånd från SLU. Tfn. 018-67 23 47

© Sveriges lantbruksuniversitet ISSN 0281-8566

Ansvariga utgivare: Trädgård: Maj-Lis Pettersson
Jordbruk: Barbara Ekbohm

Redaktörer: Trädgård: Maj-Lis Pettersson
Maj-Lis.Pettersson@slu.se
Jordbruk: Anna Lehrman
Anna.Lehrman@slu.se
Björn Andersson
Bjorn.Andersson@slu.se

Hemsida: <http://www2.ekol.slu.se/faktablad/faktablad.php>

Distribution: SLU Publikationsservice
Box 7075, 750 07 Uppsala
Tfn: 018-67 11 00, publikation@slu.se