

kunde däremot förväntas hos etanolextrakt av kamomill, då detta innehåller geraniol och kumarin, vilka båda visat relativt god lusdödande effekt som rena substanser (USDA 1947, King 1954). Våra studier hittills visar dock att tomat-, skvattram- och rosmarinextrakt har god effekt, medan porsextrakt knappast är verksamt. Orsakerna till effekterna kan ev. förklaras analogt till de myggavvisande verkningarna.

Mygg och löss är båda blodsugande insekter. Möjligen föreligger vissa likheter med avseende på födosökandet. Detta kunde ev. återspegla sig i någon likhet betr. repellerande effekter hos vissa ämnen. Det föreligger också likartade effekter hos mygg och löss med extrakt från skvattram, rosmarin, tomat och ev. kamomill. Porsextrakt däremot, som har god myggrepellerande effekt, är knappast lusavvisande.

Några förväntansresultat på flugor har det varit svårt att uppställa. Flugor söker också sin föda på delvis annat sätt. De funna resultaten med kamomill-, tomat- och porsextrakt syns oss dock intressanta.

Mer ingående studier för att finna förklaringar

till de här skisserade biologiska effekterna mellan växter och sjukdomsorsakande insekter pågår.

Tack framföres til Sveriges Naturskyddsförening – Valdemar och Emmy Gustafssons Naturvårdsfond – för finansiellt stöd.

### Litteratur

- King, W. V. 1954. Chemicals Evaluated as Insecticides and Repellents at Orlando, Fla. – Agricultural Handbook No 69. Washington D.C. (U.S. Government Printing Office.).
- Schreck, C. E., Posey, K., Smith, D., 1977. Repellent activity of Compounds submitted by Walter Reed Army Institute of Research, Part 1. – Technical Bulletin No 1549, USDA, Washington D.C.
- Thorsell, W., Malm, E., Mikiver, M., Mikiver, A., 1978. Comments on some disease causing arthropods in Sweden. Studies on repellents. – Norw. J. Ent. 25:114–115.
- USDA, 1947. Results of Screening Tests with Materials, Evaluated as Insecticides, Miticides and Repellents at the Orlando, Fla., Laboratory, April 1942 to April 1947.

## Vad är elektrofysiologi?

LENNART ÅGREN

Ågren, L.: Vad är elektrofysiologi? [What is electrophysiology?] – Ent. Tidskr. 100:141–143. Lund, Sweden 1979. ISSN 0013-886x.

With electrophysiological methods it is possible to measure the influences of different chemical compounds on the odour- or taste receptors in Insecta. By putting measuring electrodes into the antenna while distributing different odours on it, slow receptor potential changes or faster "spike" potentials from the nerves can be recorded. With this method, part compounds in a pheromone blend can easily be screened for activity, thereby excluding non-active compounds faster than with field experiments.

L. Ågren, Institute of Zoology, Box 561, S-751 22 Uppsala, Sweden.

De första lyckade registreringarna av de elektriska skeendena i doftreceptorer hos insekter gjordes 1957 av Schneider (1957) på silkesfjärilen *Bombyx mori*. Han mätte då de sammanlagda doftstyrda potentialförändringarna hos en mängd sinnesceller, s.k. elektroantennogram, EAG. De första systematiska enkelcellavledningarna, dvs mätningar på enskilda celler, gjordes av Boeckh

(1962) på *Necrophorus* (Coleoptera). På senare år har elektrofysiologiska metoder på många ställen i världen gjorts till ett standardredskap vid undersökning av feromonsystemen hos insekter (Roelofs 1977).

På insektsantennen sitter en mängd små organ som kallas sensiller. Dessa kan se ut som hår, håll eller plattor. Olika arter har olika typer sensiller

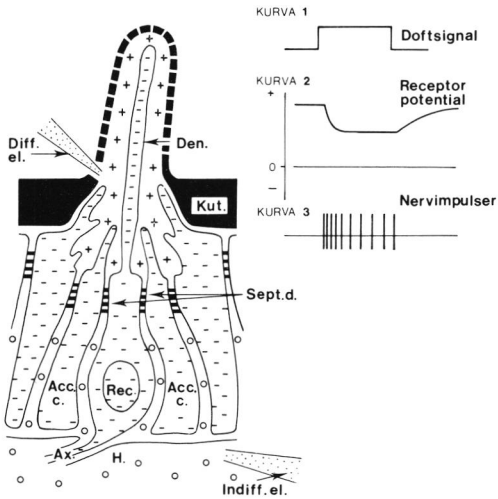


Fig. 1. Schematisk bild av en sensill med doftfunktion (efter Kaissling 1971). Kurvorna visar samtidiga skeenden, kurva 1 själva doftimpulsen, kurva 2 receptorpotentialförändringen samt kurva 3 nervimpulser. – Acc.c. = accessoriska celler. – Ax. = axon mot hjärnan. – Den. = receptorcellens distala utskott (endast ett uttrit). – Diff. = different elektrod, mätelektrod. – H = hämolymfa. – Indiff. el. = indifferent, jordad elektrod. – Kut. = kutikula. – Rec. = receptorcell. – Sept.d. = septerad desmosom, elektriskt isolerande cellkoppling.

eller olika distribution av dessa, beroende på levnadssätt. Sensillerna är nämligen de kutikulära delarna av sinnesorgan för känsel, doft, smak, tryck, temperatur, vindhastighet, CO<sub>2</sub>, IR eller luftfuktighet. Under kutikulan ligger själva receptorcellerna, en eller flera per sensill. En sensill kan ofta registrera olika sinnesmodaliteter, såsom t ex både lukt och känsel, beroende på att en receptorell är doftkänslig, en annan känslig för beröring. Olika "doft"-receptorceller brukar dessutom vara känsliga för olika grupper av föreningar (Kafka 1970).

En hårlignande sensill med endast en receptorcell kan schematiskt se ut som Fig. 1. Receptorcellen har en eller flera omvandlade cilier distalt (ofta felaktigt benämnda dendritter) som badar i en receptorlymfya som fyller håret. Denna vätska är en proteinlösning och är rik på K<sup>+</sup>-joner. Dessa sekreeras av accessoriska celler runt själva receptorcellen genom en aktiv process som fordrar energi. På elektronmikroskopiska bilder kännetecknas dessa celler av en mängd

apikala utskott, mikrovilli, samt mängder av mitokondrier, något som är känt från andra håll i elektrolytsekreerande epitel. Receptorcellen skickar åt andra hållet, proximalt, en axon eller nerv som går direkt till hjärnan utan omkopplingar. Receptorlymfyan isoleras elektriskt från hämolymfan genom speciella cellkopplingar som står som en barriär apikalt-basalt, men som därmed inte förhindrar fritt jonbyte mellan cellerna. Som slutresultat kommer receptorlymfyan normalt att vara positivt laddad och receptorcellen med accessoriska celler negativt med utgångspunkt från hämolymfan. Cellmembranen på receptorcellens distala utskott har en mycket hög resistans.

Då en adekvat doftmolekyl träffar sensillen, kommer den att diffundera in genom en por, varefter en kemisk reaktion startar som slutar i att resistansen i receptorcellens distala utskott minskar och K<sup>+</sup>-joner rusar in i receptorcellen. Eftersom en mängd positiva joner därmed försvinner från receptorlymfyan, blir den en aning mindre positivt laddad för någon sekund, men stiger snart igen till en vilonivå enligt kurva 2 i Fig. 1. Denna depolariseringsvåg som slutligen når receptorcellkroppen, kan registreras extracellulärt med känsliga instrument. Då depolariseringsvågen når cellkroppen kommer en ökning eller minskning av nervens spontanaktivitet att ske (kurva 3 i Fig. 1). Om det finns flera sinnesceller i sensillen, kan man ofta skilja dem genom olika amplitud på nervimpulserna. Med en tillräckligt tunn elektrod av glas eller wolfram kan man penetrera den tunnare kutikulan vid sensillens bas och därmed komma in i receptorlymfyan. Den andra elektroden sättes var som helst i hämolymfan och jordas. Den elektriska impulsen (några mV) förstärks och registreras med oscilloskop, skrivare, kamera eller analogbandspelar. Det går också att mata in impulsen direkt i en dator.

I många fall kan man som redan nämnts mäta sammanlagda receptorpotentialer från en mängd receptorceller, s k EAG. Man behöver då inte vara så noga att sätta mätelektroden just vid basen på en sensill, utan man kan sätta en något grövre elektrod (5–10 μm) i ena änden på antennen och en jordad referenselektrod vid antennbasen. Antennen kan t o m vara löstagen från insekten. Vad man då egentligen mäter vid stimulering med en doft är inte fullständigt utrett, men man registrerar då ej alla antennens recep-

torceller sammanlagda, utan endast summapotentialförändringen på de celler som ligger i ett område närmast mätelektroden.

Svårigheterna med de elektrofysiologiska metoderna är som med alla andra metoder många men överkomliga. Rent tekniskt kan det vara svårt att träffa exakt rätt med en elektrod med en spets på ca  $1\ \mu\text{m}$  på rätt punkt. Man arbetar med mikromanipulatorer under en stark lupp på ett speciellt dubbelt, vibrationsfritt bord. Man kan få falska signaler från muskler och på grund av temperaturskillnader. Dessa elimineras i görligaste mån genom noggrann placering av den jordade elektroden i muskelfattiga områden, samt med nollprover med kall/varm luft utan doftämnen. Det är mycket viktigt att eliminera brus då det rör sig om potentialskillnader på någon mV. Alla metallföremål i närheten jordas och alla kablar skärmas. Helst bör man arbeta i en Faradays bur. I många fall blir man tvungen att jorda sig själv med en manchett. Elektrodena måste vara fullgoda och stabila för att ge reproducerbara resultat. Vid EAG-mätningar brukar man använda sig av AgAgCl-elektroder, dvs silvertrådar, täckta med AgCl. Dessa badar i en insektringerlösning inuti en mycket fin glaskapillär. Enkelcellsavledningarna göres ofta med elektrolytiskt spetsade wolframelektroder med en spetsdiameter på ca  $1\ \mu\text{m}$ .

Doftimpulsen måste alltid vara exakt lika lång och komma från exakt samma punkt och dessutom hålla stabil temperatur, fuktighet och styrka. Renad luft med en bestämd hastighet får ständigt strömma över djuret. Vid retning med en doft går luftströmmen med hjälp av magnetventiler för en sekund över i andra skänkeln på ett Y-rör, där man placerat ett rör med en bit filterpapper indränkt med en bestämd mängd doftsubstans. Man kan också använda sig av engångssprutor med bestämda mängder doftsubstans i en liten glasbägare inuti. Med denna spruta injiceras doft in i en ständiga luftströmmen. Ett utsug under djuret håller luften i cirkulation. Hållaren för den ständiga luftströmmen monte-

ras fast på mikroskopet så att impulsen alltid kommer från samma ställe. Dessutom kontrolleras lufthastigheten med en mikroanemometer i antennens omedelbara närhet. Testkemikalierna måste vara så fria som möjligt från föroreningar. De bör kontrolleras med gaskromatograf.

Med dessa tekniska krav uppfyllda kan man göra kvalitativa och kvantitativa mätningar på bestämda sensiller för att få fram fysiologiska grupper inom morfologiskt lika sensiller (Kafka 1970, Sass 1976) och räkna ut hur många molekyler av ett visst ämne som krävs för att reta en cell. Man kan också göra enklare EAG-mätningar för att snabbt få fram icke aktiva delföreningar i en feromonblandning som ett komplement till kemiska och beteendemässiga experiment. Man får emellertid vara noga med tolkningen av resultaten. Ett starkt elektrofysiologiskt svar på en substans behöver inte betyda att den har någon signifikans för djuret. Metoden måste alltid kompletteras med etologiska studier.

## Litteratur

- Boeckh, J. 1962. Elektrophysiologische Untersuchungen an einzelnen Geruchsrezeptoren auf den Antennen des Totengräbers (*Necrophorus*, Coleoptera). – Z. vergl. Physiol. 46:212–248.
- Kafka, W. A. 1970. Molekulare Wechselwirkungen bei der Erregung einzelner Riechzellen. – Z. vergl. Physiol. 70:105–143.
- Kaissling, K.-E. 1971. Insect olfaction. – In: Beidler, L. (ed.). Handbook of sensory physiology. 351–431. Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verlag).
- Roelofs, W. L. 1977. The scope and limitations of the electroantennogram technique in identifying pheromone components. – In: McFarlane (ed.). Crop protection agents. 147–165. London (Academic Press).
- Sass, H. 1976. Zur nervösen Codierung von Geruchsreizen bei *Periplaneta americana*. – J. comp. Physiol. 107:49–65.
- Schneider, D. 1957. Elektrophysiologische Untersuchungen von Chemo- und Mechanorezeptoren der Antenne des Seidenspinners *Bombyx mori* L. – Z. vergl. Physiol. 40:8–41.