

JAN BOCZEK

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego — Akademia Rolnicza
w Warszawie

CHEMICZNE INFORMATORY OWADÓW A OCHRONA ROŚLIN

W ostatnich latach obserwuje się odkrywanie coraz nowych substancji chemicznych, które są produkowane przez rośliny i zwierzęta, a które oddziałują na te organizmy zarówno w obrębie osobnika, gatunku jak i międzygatunkowo. Substancje te można za Nordlundem i Lewisem (1976) podzielić na:

1) hormony — substancje wytwarzane przez rośliny lub zwierzęta w organizmie i wpływające na jego fizjologiczne procesy,

2) feromony — substancje wytwarzane przez rośliny i zwierzęta i wydzielane do środowiska, wywołujące określoną reakcję osobników tego samego gatunku,

Inne, określane mianem allelozwiązków oddziałują międzygatunkowo i te dzielą się na:

3) allomony, korzystne (w sensie fizjologicznej lub behawioralnej reakcji) dla organizmu wytwarzającego je (jady, substancje obronne, repelenty, supresanty). Należą tu przede wszystkim substancje roślinne uniemożliwiające żerowanie owada na roślinie. Stanowią one często przyczynę odporności odmianowej i gatunkowej roślin na szkodniki.

4) kairomony — korzystne dla organizmu odbierającego,

5) synomony — korzystne dla organizmu wytwarzającego i odbierającego,

6) apneumony — substancje emitowane przez martwe materiały, które wywołują behawioralną lub fizjologiczną reakcję korzystną dla organizmu odbierającego lecz niekorzystną dla odbierającego organizmu innego gatunku, który jest w martwym lub na tym martwym materiale,

Należy jeszcze wyjaśnić dwa pojęcia które coraz częściej pojawiają się w literaturze entomologicznej: ekomony i insektistatyki. Ekomony są to substancje produkowane przez organizm do środowiska, które ograniczają wzrost jego populacji [12]. Insektistatyki są to czynniki, które mogą dziesiątkować populacje owadów raczej przez ograniczenie ich wzrostu i rozmnażania niż powodowanie bezpośredniej śmiertelności.

Można więc do nich zaliczyć hormony, feromony, substancje niszczące symbionty, przyspieszające metabolizm, substancje działające antagonisticznie w stosunku do składników pokarmowych i inne [14].

Związki chemiczne tych wszystkich grup są przedmiotem dużego zainteresowania tzw. chemicznej ekologii. Związkami tymi interesuje się także entomologia stosowana, gdyż istnieją ogromne możliwości wykorzystywania ich w integrowanej metodzie walki ze szkodnikami roślin uprawnych i produktów przechowywanych w magazynach. Nazywane są pestycydami III i IV generacji.

Na temat hormonów i feromonów pisaliśmy już wcześniej [1, 2, 3, 4]. Wobec tego w niniejszym opracowaniu zajęto się wyłącznie najnowszymi opracowaniami, aktualnymi perspektywami wykorzystywania trzech grup chemicznych informatorów owadów w ochronie roślin: hormonów, feromonów i kairomonów.

H o r m o n y. Z punktu widzenia ochrony roślin duże nadzieje wiąże się z hormonami juvenilnymi i hormonami linienia. Hormony juvenilne decydują o sekwencji procesów metamorfozy, gdyż hamują rozwój organów owada dorosłego (skrzydeł, gonad), u jaj hamują rozwój zarodka, a u imago stymulują syntezę żółtka przez ciało tłuszczowe i jego akumulację w rozwijających się oocytach. Pośrednio wpływają na produkcję feromonów płciowych i na zachowanie płciowe owadów, a także na zapadanie owadów w stan diapauzy i wykształcanie się form uskrzydłych u mszyc. Również wykształcanie się kast owadów społecznych kontrolowane jest przez hormony juvenilne. Diapauzujące owady dorosłe mają w swoim ciele niski poziom tych hormonów, larwy natomiast mają ich dużo. Procesy linienia są kontrolowane przez hormony linienia (ekdysony) i juvenilne.

Szereg firm na świecie produkuje już analogi hormonów (np. Methoprene, Altosid), które łatwo przenikają przez oskórek do organizmu owada. Rozwijające się jaja, ostatnie stadia larwalne, poczwarki i diapauzujące osobniki dorosłe silnie oddziałują na egzogenne hormony. Nie przepoczwarczają się lecz przedłuża się rozwój larwy, pomnaża się liczba linień. Na jaja działają jak owicydy. Potraktowane diapauzujące imagines przerywają ten stan. Szczególnie silne oddziaływanie hormonów obserwowano w stosunku do mszyc, komarów, szkodników przechowalni [22], natomiast nie działały na ich wrogów naturalnych [8].

Substancje znane dotychczas nie działają niestety na młode larwy a więc stadia te żerują niszcząc uprawy. Ponadto łatwo się w środowisku rozpadają a więc zabieg przy ich użyciu trzeba często powtarzać. Niektóre rozpadają się na substancje nie obojętne dla środowiska. Te ich wady bardzo ograniczają ich wykorzystywanie.

Z tych powodów intensywnie poszukiwano w ostatnich latach związków działających antagonistycznie w stosunku do hormonów juvenilnych. Związki takie odkryto [5] w roślinie *Ageratum houstonianum* i nazwano Precocene 1 i Precocene 2. Działają one na jaja, najmłodsze larwy, wylęgłe imagines. Z traktowanych nimi larw *Hemimetabola* legły się w skróconym czasie karłowate, małe owady dorosłe nie zdolne do normalnego rozmnażania. Na owady dorosłe *Hemimetabola* i *Holometabola* działają natomiast Precoceny sterylizująco, a na jaja (*Hemimetabola*) owicydalnie. Chrząższe stonki ziemniaczanej traktowane Precocenem 2 zapadały w stan diapauzy. Jak się okazało związki te hamują działalność ciałek przyległych produkujących hormon juvenilny.

Z powyższego zestawienia widać, że Precoceny działają znacznie lepiej na *Hemimetabola* niż na *Holometabola*. Działanie ich jest także bardzo uzależnione od stadium, warunków zewnętrznych, także łatwo rozpadają się w środowisku.

Feromony. Duże nadzieje wiązano z możliwością wykorzystywania feromonów płciowych i feromonów alarmu (ostrzegawczych) dla zwalczania owadów. W ostatnim okresie obserwuje się jednak duży sceptycyzm odnośnie ich efektywności. Wynika to z kilku powodów. Po pierwsze feromony to nie są pojedyncze związki lecz zwykle kompozycje 2—8 substancji zmieszanych w różnych proporcjach (niekiedy określonych izomerów). Jeden z komponentów może powtarzać się u gatunków danej rodziny (np. u *Pyralidae*) lub jest to mieszanka kilku związków (u korników powtarzają się 4 komponenty) [19] lub jeden komponent może się nawet powtarzać w feromonie płciowym owadów należących do różnych rodzin (*Tortricidae*, *Pyralidae*). Po drugie proporcje te mogą zależeć od populacji, pory doby, wieku owada a nawet od pożywienia. Po trzecie — w środowisku następuje szybki rozpad feromonów. Co prawda można je rozprowadzić w środowisku w formie kapsulek z poliamidu, żywic, żelów, z których uwalnianie tych związków następuje sukcesywnie, jednak ustalenie dawkowania, rozmieszczenie tych kapsulek w terenie ma często decydujący wpływ na późniejszy efekt.

Niektóre z form stosowania feromonów zawiodły. Dotyczy to szczególnie metody dezorientacji samców. Polega ona na tym, że fermon jest równomiernie rozmieszczany na polu i samce nie mogą znaleźć samic (lub odwrotnie), nie dochodzi do kopulacji i stąd następuje zahamowanie rozwoju populacji szkodnika. Przy niektórych szkodnikach uzyskano bardzo dobre rezultaty. Przy wielu innych jednak wyniki były niezadowolające. Skuteczność tej metody zależy bowiem od zagęszczenia szkodnika, jego rozmieszczenia na polu, ruchliwości i w bardzo dużym stopniu od tego, czy kopulacja powtarza się często, czy jedna kopulacja

wystarcza dla samicy dla zrealizowania potencjalnej płodności. A więc zanim przystąpi się do wykorzystywania feromonów należy wykonać szczegółowe badania nad zachowaniem się szkodnika we wszystkich funkcjach życiowych, poznać jego biologię rozmnażania, bionomię itd. Danych z jednego gatunku nie można w żadnym razie odnosić do innego, nawet blisko spokrewnionego. Stwierdzono bowiem, że nie różniące się morfologicznie gatunki bliźniacze różnią się niekiedy składem ich feromonu płciowego i jest to główna ich bariera izolacyjna [7].

Inne sposoby wykorzystywania feromonów płciowych wydają się mieć większe perspektywy, zwłaszcza ich stosowanie dla rejestracji szkodników, dla celów prognoz i sygnalizacji. W niektórych krajach feromony są wykorzystywane dla wykrywania chrząszczy i motyli w magazynach produktów spożywczych (głównie przy niskim zagęszczeniu populacji) [6].

Nawet wabienie do pułapek dla zwalczania ma jednak tę wadę, że u większości gatunków łowione są jedynie samce i to nie wszystkie z danego terenu. Pojedyncze, nie przywabione jak i te nalatujące z sąsiednich rejonów mogą kompensować deficyt samców i intensywniej pełnić funkcje rozrodcze.

Także feromony ostrzegające, często nie specyficzne gatunkowo, dają dobre efekty w ograniczaniu liczebności jedynie w warunkach szklarniowych (np. mszyc). W warunkach polowych efekty były zbyt niskie i zależały silnie od rozmieszczenia roślin, ruchów powietrza itp.

Feromony antykolonizacyjne korników wydzielane przez niektóre gatunki dla ograniczenia gromadzenia się ich na drzewach żywicielskich dają w pierwszych doświadczeniach obiecujące wyniki dla ochrony drzew przed tymi szkodnikami.

K a i r o m o n y. W artykule omówione są kairomony typu atraktantów wydzielanych przez owada gospodarza, które wabia pasożyty lub drapieżce w rejon ich występowania, ułatwiają znalezienie ich i stymulują proces składania jaj przez pasożyta w ciało gospodarza lub w jego pobliżu. Związki te wpływają więc na zachowanie się pasożytów i drapieżców i na stosunki ilościowe w układzie gospodarz—pasożyt czy ofiara—drapieżca.

W wielu badaniach udowodniono, że zachowanie parazytoidów jest w dużym stopniu uzależnione od związków chemicznych produkowanych przez ich gospodarza. Pierwsze badania z tego zakresu opublikowano w 1971 roku [15] nad *Microplitis croceipes* (Cr.) — pasożytem larw słonecznicy *Heliothis zea* (Bod.). Samica pasożyta dla składania jaj jest wabiona przez substancje zawarte w kale larwy (L_1 — L_4) gospodarza. Jak stwierdzono, stymulant ten był obecny także w hemolimfie larw,

poczwarek i motyli, lecz najwięcej było go w końcowej części przewodu pokarmowego gąsienicy. Podobnie kał mola ziemniaczaka (*Phthorimea operculella* (Zell.) wabi jego pasożyta, błonkówkę *Orgilus lapidus* Mus. Stwierdzono w kale 2 związki, z których jeden, lotny wabi pasożyty w ten rejon gdzie kał występuje, a drugi, działający dopiero przy kontakcie z kałem powoduje, że samica pasożyta przy użyciu pokładelka bada podłoże aż znajdzie larwę gospodarza, do której złoży jaja [11]. Podobnie więc jak przy feromonach tak i tutaj mamy nie jeden lecz więcej związków wywołujących łańcuch reakcji behawiorystycznych.

Kruszynki reagują natomiast jak stwierdzono na substancje pozostawione przez samicę gospodarza w czasie składania jaj. Kairomon stwierdzono zarówno na jajach jak i łusczkach samicy słonecznicy pozostawionych przez nią na roślinie w czasie składania jaj. Związki te, jak się okazało, nie tylko zwiększały procent spasożytowania jaj, ale zwiększały liczebność potomstwa i długość życia pasożyta. Preferencja w pasżytowaniu określonych gatunków gospodarzy także wynikała z różnic w składzie ich kairomonów [17].

Kairomony jaj słonecznicy wabią także drapieżne złotooki [18]. W tym wypadku działają zarówno łuski samicy jak i związek zawarty w wydzielinie gruczołów dodatkowych samicy, które przymocowują jajo do podłoża. Obecność łusczek ciała słonecznicy potęgowała aktywność złotooka w poszukiwaniu jaj ofiary [15]. Pierwszy związek pozwala drapieżcy na znalezienie jaj a drugi — akceptację jaj jako pokarmu. Obecność pierwszego umożliwia dopiero reakcję na drugi.

Badano także kairomony wytwarzane przez brudnicę nieparkę, wabiące baryłkarza *Apanteles melanoscelus* (Ratz.). Stwierdzono, że oprzęd gąsienic brudnicy i jej gruczoły przedne zawierają wabiący związek, który występował w mniejszym stężeniu w innych częściach ciała gąsienicy. Oprzęd na liściu działał szczególnie silnie, silniej niż na innym podłożu. Kairomon ten działał w bardzo niskich stężeniach, przy obecności pojedynczych niteczek a nawet samego kontaktu gąsienicy z liśćmi, a więc musi być silnym czynnikiem wabiącym pasożyta w obrębie drzewa [23].

Kairomonem mogą być także substancje wytwarzane przez symbiotyczne mikroorganizmy w obrębie gospodarza (*Siricidae*) lub wydzielane z ran rośliny lub w czasie gnicia czy fermentacji części roślinnych, które wabią określone owady, gospodarze pasożytów. Parazytoid *Biosteres longicaudatus* Ashm. był wabiony przez trzy grupy substancji wytwarzanych w fermentujących owocach, które także wabią muchówki z rodziny *Tephritidae*. Parazytoid był przywabiany niezależnie od tego czy produkt był porażony przez muchy czy nie [9].

Związki chemiczne działające jako hormony, feromony, kairomony

i allomony zostały stwierdzone w roślinach, z roślin więc pochodzą. Niektóre z tych związków mają prostą budowę i jak podaje Levinson [14] mogą pełnić funkcje hormonów i feromonów już od 2,5 miliarda lat.

Te same związki mogą pełnić u różnych organizmów różne funkcje. I tak terpeny i sterole działają jako feromony dla grzybów, jako hormony dla wyższych roślin a jako jedne lub drugie dla stawonogów. Pospolity w roślinach katechol jest fitoaleksinem, a więc allomonem ograniczającym rozwój patogenów grzybowych i niektórych gatunków mszyc, a równocześnie stymuluje żerowanie ogłodków (kairomon). Inny fitoaleksin — kwas chlorogenowy stymuluje żerowanie stonki i mszycy baldaszkowo-ziemniaczanej, ale jest toksyczny dla innego gatunku mszycy—zbożowej południowej. Różne allozwiązki mogą więc wpływać na długość życia, płodność, żywotność jaj. Decydują często o znalezieniu rośliny żywicielskiej i zachowaniu się przy składaniu jaj. Nie muszą eliminować żerowania szkodnika, ale wpływają na jego liczebność. Owady żyjące na roślinie danego gatunku przewyciężyły w toku ewolucji te bariery. Wypracowały zdolność detoksycji tych allozwiązków, ich organizm je toleruje albo tak żerują, że nie mają z nimi kontaktu a nawet mogą je gromadzić i wykorzystywać dla własnych korzyści.

To wszystko świadczy o ścisłym powiązaniu stawonogów i roślin w toku milionów lat ewolucji. Ewolucja tych 2 grup organizmów była co najmniej od 250 milionów lat ściśle sprzężona i wzajemnie uwarunkowana. Ponieważ rośliny poszczególnych gatunków różnią się swoim składem chemicznym — specyficznymi związkami chemicznymi które posiadają w swoich tkankach, różnią się także nimi owady żerujące na tych roślinach i te związki służą jako informatory między poszczególnymi ogniwami łańcuchów pokarmowych. Często są to związki występujące w różnych roślinach a wtedy specyfika ich działania dla określonego gatunku pasożyta wynika z tego, że są w odpowiednich proporcjach zmieszane, przynajmniej w 1 organie gospodarza.

Przykładem losu takich związków chemicznych może być kwas heptanowy zawarty w ziemniaku. Związek ten jest gromadzony przez mola ziemniaczaka i jest kairomonem dla omawianego wyżej pasożyta tego szkodnika. Podobnie jest ze słonecznicą i gromadzonym przez nią węglowodorem pospolicie występującym w kukurydzy, który zawarty w większych stężeniach w gąsienicach słonecznicy niż w kukurydzy wabi krużynki [10]. To wszystko wskazuje, że kairomony mogą stać się w przyszłości czynnikiem bardzo zwiększającym efektywność, przynajmniej dla niektórych szkodników walki biologicznej.

O niektórych informatorach zwierząt wiedzieliśmy od dawna. Francois Rabelais już w 1532 pisząc „Gargantua i Pantagruel” wiedział już o silnych właściwościach wabiących feromonu płciowego suki. Posiekany organ

płciowy suki przywabił 600014 psów z całego Paryża do damy, której suknia była tym opryskana. Duże zainteresowanie tymi związkami obserwujemy od 8 lat i w tym krótkim czasie mamy już ogromne osiągnięcia zarówno teoretyczne jak i praktyczne.

Związki te działają na owady przy bardzo niskich stężeniach kilkadziesiąt ng/m³ a kairomon zastosowany w dawce 250 pg/cm² w formie opryskiwania w szklarni zwiększał dwukrotnie stopień spasożytowania [15] przez kruszynka. W warunkach polowych uzyskano pozytywne wyniki stosując 350 mg/ha. Opryskiwanie kairomonem nie tylko zwiększało procent spasożytowania ale równocześnie pasożyty bardziej były aktywne w poszukiwaniu ofiary, spasożytowanie było bardziej równomiernie rozmieszczone na polu, pasożyty dłużej zatrzymywały się i dłużej żyły.

Również feromony stosuje się w małych ilościach. Owady reagują na nie przy stężeniach tak niskich jak 2×10^{-14} g/l = 60 molekuł w 1 mm³, a więc mniej niż 0,5 g wystarczało aby spowodować dezorientację samców *Trichoplusia* [21].

LITERATURA

1. Boczek J.: Atraktanty płciowe i inne feromony owadów i roztoczy. Wiad. Ekol., 19. 245—256, 1973.
2. Boczek J.: Chemiczne informatory owadów i możliwości ich wykorzystania w ochronie roślin. Ochrona Roślin, 4. 17—19, 1977.
3. Boczek J., Gwiazda M.: Hormony owadów i perspektywy ich stosowania jako środków do zwalczania szkodliwych gatunków. Post. Nauk Roln., 6, 15—24, 1972.
4. Boczek J., Ignatowicz S.: Hormony owadów i ich wykorzystywanie dla zwalczania szkodliwych gatunków — w przygotowaniu.
5. Bowers W.S.: Discovery of insect anti-juvenile hormones in plants — Science, 193: 542—547, 1976.
6. Burkholder W.E.: Application of pheromones for manipulating insect pests of stored products — Proc. Symp. on Insect pheromones and their applications, Nagaoka and Tokyo, Dec. 8—11, 1976.
7. Carde R.T. i inn.: Sex pheromone specificity as a reproductive isolating mechanism among the sibling species *Archips argyrospilus* and *A. mortuanus* and other sympatric tortricine moths (*Lepidoptera: Tortricidae*) — J. Chem. Ecol., 3: 71—84, 1977.
8. Frischknecht M.L., Müller P.J.: The use of insect growth regulators in integrated pest control. Bull. Soc. Entom. Suisse, 49: 239—244, 1976.
9. Greany P.D., i in.: Chemically mediated host finding by *Biosteres (Opus) longicaudatus*, a parasitoid of tephritid fruit fly larvae — J. Chem. Ecol., 3: 189—195, 1977.
10. Hendry L.B. i in.: Plants — the origin of kairomones utilized by parasitoids of phytophagous insects. — J. Chem. Ecol., 2: 271—283, 1976.

11. Hendry L.B. i in.: Kairomone mediated host finding behavior in the parasitic wasp *Orgilus lepidus*. Ent. exp. appl., 16: 471—477, 1973.
12. Ikeshoji T.: Self limiting ecomones in the populations of insects and some aquatic animals — J. Pesticide Sci., 2: 77—89, 1977.
13. Levinson H.Z.: Zur Evolution und Biosynthese der terpenoider Pheromone and Hormone — Naturwissenschaften, 59: 477—484, 1972.
14. Levinson H.Z.: Ernährungs — und Stoffwechselphysiologie der Insekten und deren Anwendungsmöglichkeiten zur Schädlingsbekämpfung — Z. ang. Ent., 81: 113—132, 1976.
15. Lewis W.J. i in.: Kairomones and their use for management of entomophagous insects. V. Moth scales as a stimulus for predation of *Heliothis zea* (Boddie) eggs by *Chrysopa carnea* Stephens larvae. — J. Chem. Ecol., 3: 483—487, 1977.
16. Nordlund D.A., Lewis W.J.: Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. J. Chem. Ecol., 2: 212—220, 1976.
17. Nordlund D.A. i in.: Kairomones and their use for management of entomophagous insects. VI. An examination of the kairomones for the predator *Chrysopa carnea* Stephens at the oviposition sites of *Heliothis zea* (Boddie) — J. Chem. Ecol., 3: 507—511, 1977.
18. Nordlund D.A. i in.: Kairomones and their use for management of entomophagous insects. VII. The involvement of various stimuli in the differential response of *Trichogramma pretiosum* Riley to two suitable hosts — J. Chem. Ecol., 3: 513—518, 1977.
19. Roelofs W.L.: Pheromones (w: The Future for Insecticides: needs and prospects, ed.: R.L. Metcalf, J.J. McKelvey) John Wiley Sons, Inc., 445—466, 1976.
20. Rudinsky J.A., Ryker L.C.: Olfactory and auditory signals mediating behavioral patterns of bark beetles. Coll. Internat. CNRS, 265: 195—209, 1977.
21. Shorey H.H. i in.: Sex pheromones of noctuid moths. XIV. Feasibility of behavioral control by disrupting pheromone communication in cabbage loopers — J. econ. Entomol., 60: 1541—1545, 1967.
22. Sláma K., Romanuk M., Sorm F.: Insect hormones and bioanalogues. Springer Verlag, Wien, N.Y., 477, str. 1974.
23. Weseloh R.M.: Effects on behavior of *Apanteles melanoscelus* females caused by modifications in extraction, storage, and presentation of gypsy moth silk kairomone — J. Chem. Ecol., 3: 723—35, 1977.