

GABRIEL SZCZEPAN ŁABANOWSKI

Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach

FEROMONY PŁCIOWE MOTYLI<sup>\*</sup>

Reakcja zwierząt na bodźce chemiczne była znana od dawna, ale pojęcie feromon zostało wprowadzone i zdefiniowane przez Karlsona i Lüschera w 1959 roku [12].

Za feromony uważa się substancje wydzielane przez zwierzęta do środowiska, na które inne osobniki tego samego gatunku reagują charakterystycznym zachowaniem się lub rozwojem. Boczek [6, 7] wyróżnia kilka grup feromonów w zależności od pełnionej funkcji: Są to: feromony płciowe (atraktanty płciowe), afrodizjaki, feromony śladowe (znaczniki), feromony powodujące grupowanie się owadów, feromony ostrzegające (alertu, alarmu) i feromony kontrolujące rozwój dojrzałości płciowej.

Pierwsza identyfikacja struktury feromonu płciowego została dokonana przez prof. Butenandta i jego współpracowników w Niemczech na początku lat sześćdziesiątych [26]. Feromon ten został wyizolowany z samicy prządki jedwabnika (*Bombyx mori* L.) i określony jako wielocząsteczkowy alkohol o nazwie chemicznej trans-10, cis-12 heksadekadien-1-ol.

Od tego czasu do chwili obecnej zidentyfikowano i zsyntetyzowano feromony płciowe ponad 1000 gatunków owadów, w tym głównie motyli.

Duże zainteresowanie feromonami płciowymi wiąże się z możliwością ich wykorzystania w ochronie roślin dla rejestracji gatunków szkodliwych i zwalczania szkodników.

Niniejszy artykuł jest przeglądem najnowszej literatury z tego zakresu, a koncentruje się głównie na feromonach płciowych motyli występujących w Europie.

*Charakterystyka feromonów płciowych*

Pojęcie feromon płciowy jest używane dla wszystkich lotnych związków chemicznych, które produkowane są przez gruczoły osobników jednej płci, u motyli najczęściej samice, a wydzielone do środowiska wywołują charakterystyczne zachowanie się osobników płci przeciwnej, najczęściej samców, tego samego gatunku [12].

W późniejszej literaturze pojawiło się pojęcie atraktant płciowy, które

jest często utożsamiane z pojęciem feromon płciowy. Istnieje jednak między tymi pojęciami subtelna różnica. Atraktant płciowy jest związkiem syntetycznym, natomiast feromon płciowy jest związkiem produkowanym i wydzielanym do środowiska przez zwierzęta.

Feromon płciowy służy do przekazywania informacji między osobnikami odmiennej płci tego samego gatunku o swej obecności i gotowości do kopulacji. Najczęściej samica uwalnia feromon i wabi samce. U niektórych gatunków samiec produkuje i uwalnia feromon wabiący samice, — na przykład u barciaka większego (*Galleria mellonella* L.), barciaka mniejszego (*Achroia grisella* L.), zmory trupiej główki (*Acherontia atropos* L., zawisaka tawulca (*Sphinx ligustri* L.) [6, 39].

Samice i samce motyli zachowują się w sposób charakterystyczny [5]. Samice przy wydzielaniu feromonu przyjmują pozycję tzw. wabiącą, unoszą zakończenie odwłoka do góry ponad skrzydła, co ułatwia im niewątpliwie uwalnianie feromonu z gruczołu, który w formie zmodyfikowanej międzysegmentalnej błony znajduje się między ósmym a dziewiątym segmentem odwłoka.

Najsilniejsze wydzielanie feromonu u samic owocówki jabłkóweczki (*Laspeyresia pomonella* L.) ma miejsce w 2—3 dniu po wylocie z poczwarki. W gruczołach niezapłodnionej samicy znajdowano ok. 0,3 mikrograma wolnego feromonu i ok. 0,25  $\mu\text{g}$  w formie związanej. Samice starsze zawierają mniejsze ilości feromonu, a u samic zapłodnionych zanika on prawie zupełnie [37].

Produkcja feromonu przez samice i reakcja na niego samców ma charakter cykliczny w ciągu doby i zazwyczaj poprzedza nieco lub zbiega się w czasie z kopulacją. U brudnicy nieparki (*Lymantria dispar* L.) obserwowano największą reakcję samców na feromon w godzinach między 11 a 15 [9], u owocówki jabłkóweczki obserwowano największą liczbę kopulacji w godzinach między 19 a 21 [16]. U niektórych gatunków produkcja feromonu trwa całą dobę np. u omacnicy spichrzanki (*Plodia interpunctella* Hb.), mkliką mącznego (*Ephestia kühniella* Zell.) barciaka większego (*Galleria melonella* L.) [6].

Na produkowanie feromonu i jego wydzielanie do środowiska mają wpływ różne czynniki zewnętrzne, a głównie temperatura i wilgotność. U owocówki jabłkóweczki najwięcej kopulacji obserwowano wieczorem w temperaturze od 14,1 do 20°C. Poniżej i powyżej tej temperatury kopulacje były nieliczne, a w 24°C i wyżej w ogóle nie następowały, podobnie jak w dni deszczowe, kiedy wilgotność była bardzo wysoka [16].

Samce wabione feromonem [5] najpierw intensywnie poruszają czułkami, następnie skrzydełkami i rozpoczynają lot w kierunku źródła feromonu, siadają w pobliżu samicy, wykonują charakterystyczny ruch odwłoka, rozstawiają odnóża i dopiero po dłuższej chwili przystępują do

kopulacji. Lot samców pod wiatr w kierunku zapachu (wydzielanego feromonu unoszonego z wiatrem) określa się mianem anemotaksja. Lot samców trwa tak długo, jak długo jest wyczuwalny zapach. Utrata zapachu feromonu zmienia kierunek lotu samców. Zaczynają oni lot w kierunku poprzecznym do kierunku wiatru, z lewa na prawo, zygzakami [13].

W zależności od funkcji wyróżnia się dwie grupy związków wchodzących w skład tzw. kompleksu feromonowego produkowanego przez samice, związki podstawowe i drugorzędne [33]. Związki podstawowe wywołują u samców długodystansową, powyżej 1 m, reakcję anemotaksji. U niektórych gatunków związki te wywołują całą sekwencję reakcji przedkopulacyjnego zachowania się, które kończą się kopulacją. Związki drugorzędne nie mają znaczenia w wywoływaniu anemotaksji, ale w połączeniu ze związkami podstawowymi stanowią kompleks feromonowy i wywołują reakcje bliskiego zasięgu takie jak lądowanie, wachlowanie skrzydłami, spacer w kierunku samicy, czy próby kopulacji. Na przykład, u owocówki południóweczki (*Grapholitha molesta* Busck). kompleks feromonowy składa się z dwóch związków podstawowych, cis-8, octanu dodekenylu i trans-8, octanu dodekenylu oraz związku drugorzędneho, którym jest alkohol dodekylowy [23].

Feromony produkowane przez samce w zależności od funkcji można podzielić na dwie grupy, feromony wabiące i afrodizjaki [39]. Feromony wabiące stwierdzono u samców barciaka większego i barciaka mniejszego. Są to wielocząsteczkowe aldehydy o nazwach nonanal, undekanal i cis-11, oktadekanal. Związki te wabia samice, podobnie jak feromony płciowe produkowane przez samice wabia samce.

Afrodizjaki zaś pobudzają reakcje bliskiego zasięgu u samic tuż przed samą kopulacją [33, 39], u owocówki południóweczki sprzyjają akceptacji samca przez samicę, u sówki *Heliothis virescens* Fabr. przerywają wabienie samic, mogą działać jako związki odstraszające inne samce od samicy, czy nawet jak w przypadku barciaka większego chronić go przed robotnicami w ulach. Najczęściej są to proste kwasy alifatyczne, aldehydy, alkohole aromatyczne, terpeny lub związki terpenopochodne (rys. 1). Afrodizjaki wydzielane są przez gruczoły zlokalizowane najczęściej na nogach, odwłoku, tułowiu, skrzydłach w postaci łuski, szczoteczki lub pędzelka włosków.

Feromony płciowe mogą mieć dwa źródła pochodzenia [39], bezpośrednio z roślin lub być wynikiem syntezy komórek gruczołów. Na przykład terpen o nazwie pinokarwon-afrodizjak sówki korzeniówki (*Apamea monoglypha* F.) nigdy nie był izolowany z motyli a pochodzi prawdopodobnie z terpenów znajdujących się w roślinie żywicielskiej. Natomiast kwas izobutyrylowy — jeden z dwóch znanych afrodizjaków mokradlicy

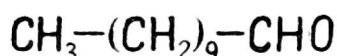
(*Leucania conigera*) powstał na drodze transaminacji i dekarboksylacji z aminokwasu waliny w czwartym stadium rozwojowym larw.

### Feromony wabiące



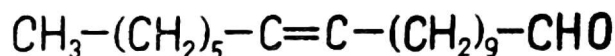
nonanal

barciak większy (*Galleria mellonella*)



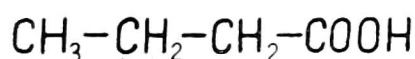
undekanal

barciak mniejszy (*Achroia grisella*)

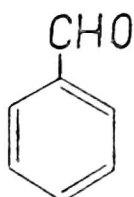


cis-11, oktadekanal

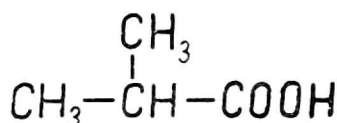
### Afrodizjaki



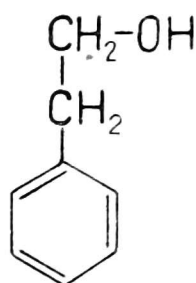
kwas butyrylowy  
miernikowiec  
(*Bapta tenerata*)



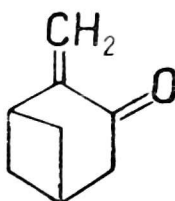
benzaldehid  
mokradlica (*Leucania conigera*)



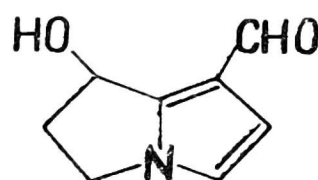
kwas izobutyrylowy



alkohol fenoetylowy  
piętnówka (*Mamestra configurata*)



pinokarwon  
sówka korzeniówka  
(*Apamea monoglypha*)



pyrolizyna 1-formyl-7-hydro-  
ksy-6,7-dwuhydro-5H.  
niedźwiedziówka  
(*Utetheisa latrix*)

### Metody indentyfikacji feromonów płciowych

Wyróżnić można cztery metody indentyfikacji feromonów płciowych [26]: metoda klasyczna, metoda GC-EAG, metoda standardów EAG i metoda polowego testowania.

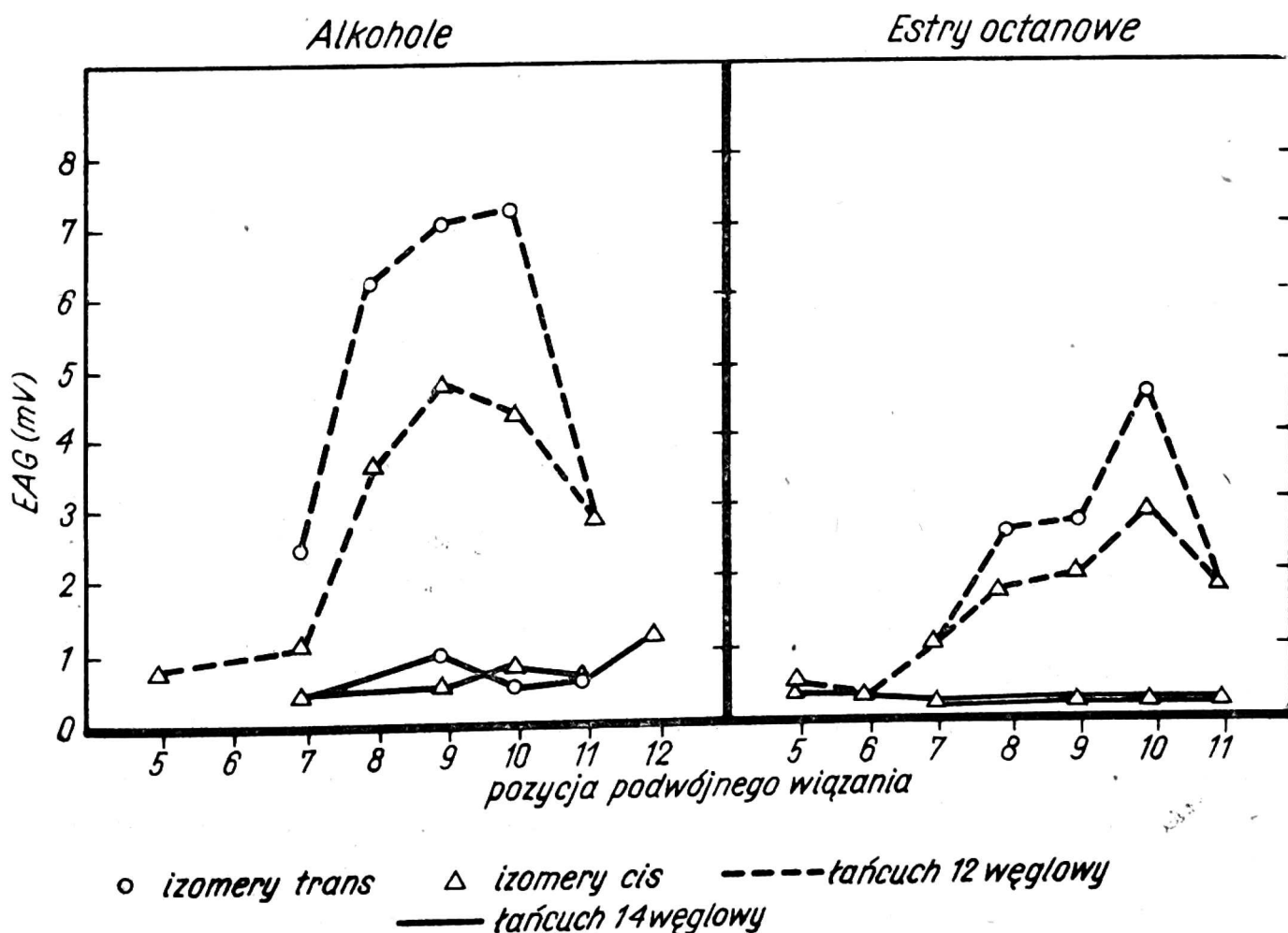
Metoda klasyczna polega na izolacji aktywnych składników z ekstraktu uzyskanego z 50—500 tys. odwłoków samic na drodze destylacji, chromatografii kolumnowej i cienkowarstwowej. Strukturę feromonu indentyfikuje się na podstawie czasów zatrzymania poszczególnych frakcji, reakcji chemicznych (hydrolizy, acydolizy) i analiz instrumentalnych (spektrometrii masowej). Metodą tą indentyfikuje się typy struktur feromonów dotąd nieznanymi.



Metoda GC-EAG polega na łącznym wykorzystaniu chromatografii gazowej i elektroantenografu. Na podstawie czasów zatrzymania poszczególnych frakcji ekstraktu uzyskanego z 50—200 odwłoków samic i amplitudy biopotencjałów w czułkach samców określa się długość łańcucha węglowego, a także pozycję i konfigurację podwójnego wiązania testowanego feromonu. Metoda ta jest szczególnie użyteczna dla identyfikacji nienasyconych związków o prostym łańcuchu węglowym.

Metoda standardów EAG polega na odczytywaniu na oscylografie natężenia impulsów nerwowych, które powstają w czułkach samców pod wpływem bodźca, którym może być feromon lub mieszanina feromonów innych gatunków zidentyfikowana wcześniej, jeżeli struktura testowanego związku jest zbliżona do struktury feromonu testowanego gatunku. W ten sposób zidentyfikowano feromon płciowy owocówki jabłkóweczki. Rejestracja amplitud biopotencjałów w czułkach samców, którym podawano cały szereg estrów octanowych i alkoholi o 12- i 14-węglowych łańcuchach pozwoliła stwierdzić [25], że atraktantem dla tego gatunku jest wielocząsteczkowy alkohol o nazwie trans-8, trans-10, dodekadien-1-ol (rys. 2).

Metoda polowego testowania polega na umieszczeniu w pułapkach lepowych zidentyfikowanych wcześniej feromonów lub ich mieszanin, w różnym stężeniu i proporcjach, a następnie rejestracji liczby odławianych



samców poszczególnych gatunków. Pojedynczy związek lub kompleks feromonowy, na który reaguje najwięcej samców danego gatunku uznaje się za atraktant płciowy tego gatunku [22].

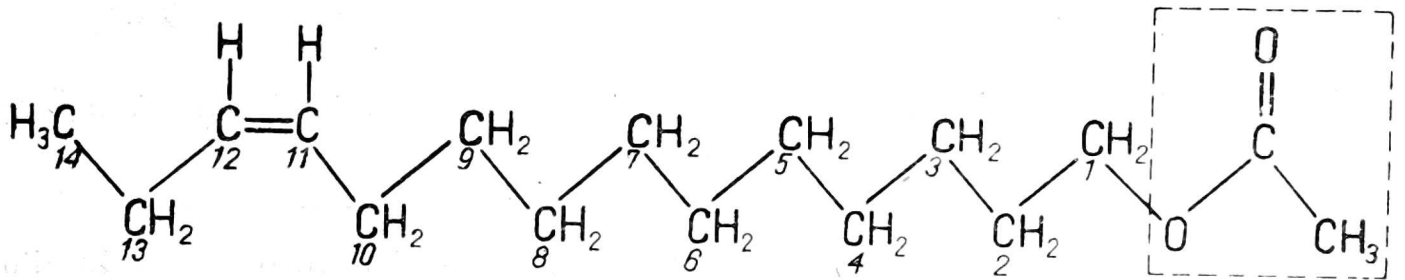
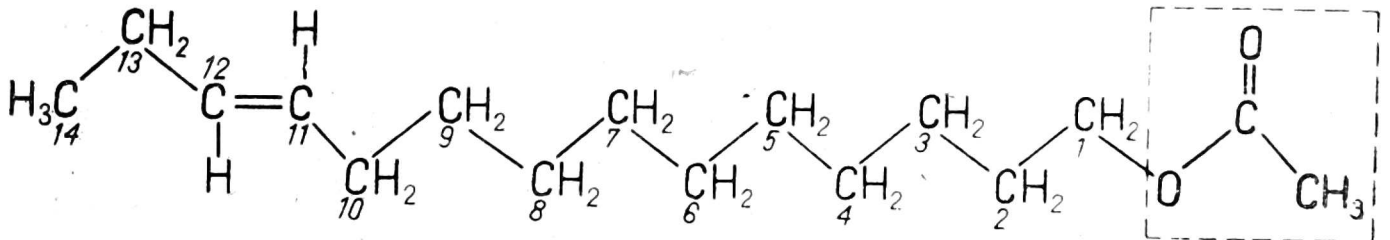
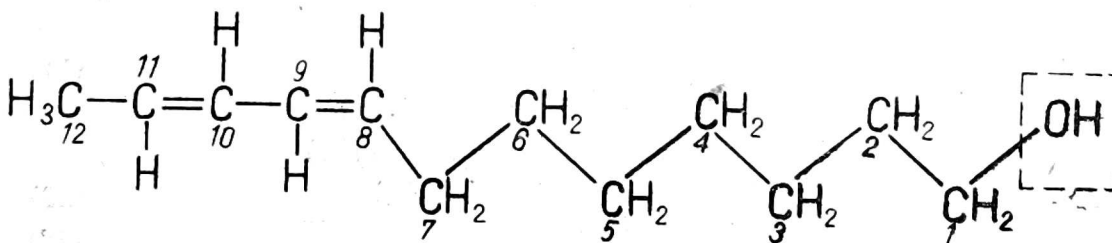
Do 1971 r. zidentyfikowano feromony płciowe 90 gatunków motyli, z tego metodą klasyczną 25 gatunków, przy pomocy metody GC-EAG 13 gatunków, metodą standardów 62 gatunków i metodą polowego testowania 79 gatunków [26]. Widać z tego, że metoda klasyczna i GC-EAG są rzadko stosowane, prawdopodobnie ze względu na wieloetapowość identyfikacji i konieczność użycia szeregu urządzeń. Metody te były jednak niezbędne do poznania pierwszych struktur feromonów, bez znajomości których nie można byłoby stosować dwóch pozostałych metod szybkiej identyfikacji.

Metoda polowego testowania i EAG nie daje gwarancji, że związek (atraktant) na który reaguje dany gatunek jest identyczny z feromonem płciowym uwalnianym przez samice. Najczęściej do całkowitej i poprawnej identyfikacji struktury feromonu płciowego danego gatunku istnieje potrzeba użycia dwóch lub nawet trzech metod identyfikacji. Po określeniu struktury feromonu przeprowadza się testy polowe w celu ustalenia optymalnego stężenia i najlepszego rodzaju nośnika atraktantu, aby móc sporządzić preparat użytkowy.

### *Chemiczne struktury atraktantów płciowych*

Feromony płciowe produkowane przez samice są najczęściej mieszaniną dwóch lub więcej związków. Najczęściej występującymi strukturami są estry octanowe węglowodorów alifatycznych i wielocząsteczkowe alkohole, rzadziej inne związki np. alken (tab. 1). Związki te zbudowane są najczęściej z 14 węgla, rzadziej z 10, 12, 16 lub 18. W łańcuchu węglowym występuje jedno lub dwa podwójne wiązania, najczęściej na pozycjach 8 i 11 licząc od końca grupy funkcyjnej (octanowej, hydroksylowej), rzadziej na pozycjach 5, 7, 9 lub 10. W zależności od usytuowania podstawników względem podwójnego wiązania wyróżnia się związki o konfiguracji cis i trans, częściej występującą konfiguracją jest geometryczny izomer cis. Na rysunku 3 podano wzory strukturalne niektórych feromonów płciowych zaznaczając kolejność węgla i grupę funkcyjną.

Warto zwrócić uwagę na fakt (tab), że atraktantami płciowymi niektórych gatunków są te same związki. Na przykład zwójka siatkóweczka (*Adoxophyes orana* Fish.v.R.) i zwójka (*Clepsis spectrana* Tr.) komunikują się za pomocą mieszaniny dwóch związków: cis-9, octanu tetradekenyłu i cis-11, octanu tetradekenyłu (19). Jednak pierwszy z gatunków reaguje na mieszaninę obu tych związków w stosunku 9:1, drugi

*cis-11, octan tetradekenylu**trans-11, octan tetradekenylu**trans-8, trans-10, dodekadien-1-ol*

zaś na mieszaninę w stosunku do 1 : 3. Zróżnicowany udział poszczególnych związków zapewnia tym gatunkom izolację reprodukcyjną.

Innym przykładem, są dwa gatunki bliźniacze z rodzaju *Grapholitha*: owocówka południóweczka (*G. molesta* Busck.) i owocówka śliwkóweczka (*G. funebrana* Tr.). Dla obu gatunków podstawowym związkiem jest cis-8, octan dodekenylu. Jednak samce owocówki południóweczki wabione są tylko przez mieszaninę, w której składzie oprócz wymienionego związku jest ok. 7% octanu dodekenylu o konfiguracji trans, te dwa związki są potrzebne do wywołania długodystansowej reakcji anemotaksji [23].

Ciekawy jest również fakt, że rasy ekologiczne tego samego gatunku posługują się różnymi kompleksami feromonowymi. Samce omacnicy prośowianki (*Ostrinia nubilalis* Hüb.) ze wschodniego stanu USA — New York wabione są przez mieszaninę dwóch związków, 97% trans-11, octan tetradekenylu i 3% cis-11, octan tetradekenylu. Natomiast samce tego samego gatunku ze środkowego stanu USA — Iowa wabione są przez te same dwa związki, ale zmieszane w odwrotnej proporcji [15].

Dwóch różnych związków jako atraktantów używają formy morfologiczne rolnicy panewki (*Amathes c-nigrum* L.). Samce formy dużej wa-

Tabela 1

Atraktanty płciowe motyli gatunków występujących w Europie zidentyfikowanych do 1977 roku

Gatunek	Nazwa atraktantu płciowego	Źródło
Rodz: <i>Tortricidae</i>		
<i>Archips podana</i> (Scop.)	cis-11, octan tetradekenylu (50%) trans-11, octan tetradekenylu (50%)	(21)
<i>Archips rosanus</i> L.	cis-11, octan tetradekenylu (85%) cis-11, tetradeken-1-ol (15%)	(24)
<i>Adoxophyes orana</i> Fish. v. R.	cis-9, octan tetradekenylu (90%) cis-11, octan tetradekenylu (10%)	(18)
<i>Clepsis spectrana</i> Tr.	cis-9, octan tetradekenylu (25%) cis-11, octan tetradekenylu (75%)	(19)
<i>Zeiraphera diniana</i> (Guenec)	trans-11, octan tetradekenylu	(27)
<i>Spilonota ocellana</i> (D. et Schiff)	cis-8, octan tetradekenylu	(1)
<i>Grapholitha funebrana</i> Tr.	cis-8, octan dodekenylu	(11)
<i>Grapholitha molesta</i> (Busck)	cis-8, octan dodekenylu (93%) trans-8, octan dodekenylu (7%) alkohol dodekylowy (300%)	(23)
<i>Lobesia botrana</i> (Schiff.)	trans-7, cis-9, octan dodekadienylu	(28)
<i>Laspeyresia pomonella</i> L.	trans-8, trans-10, dodekadien-1-ol	(25)
Rodz: <i>Gelechiidae</i>		
<i>Sitotroga cerealella</i> (Ol.)	cis-7, trans-11, octan heksadekadian-1-ol	(34,38)
<i>Anarsia lineatella</i> Z.	trans-5, octan dekenylu (75%) trans-5, alkohol dekenylowy (15%)	(30)
Rodz: <i>Gracillariidae</i>		
<i>Lithocolletis blancardella</i> F.	trans-10, octan dodekenylu	(32)
Rodz: <i>Pyralidae</i>		
<i>Plodia interpunctella</i> Hb.	cis-9, trans-12, octan tetradekadien-1-ol	(35)
<i>Ephestia kühniella</i> Z.	cis-9, trans-12, octan tetradekadienylu	(31)
<i>Loxostega sticticalis</i> (L.)	trans-11, octan tetradeken-1-yl	(36)
<i>Ostrinia nubilalis</i> Hb. - rasa ze stanu New York	trans-11, octan tetradekenylu (97%) cis 11, octan tetradekenylu (3%)	(15)
<i>Ostrinia nubilalis</i> Hb.-rasa ze stanu Iowa	cis-11, octan tetradekenylu (96%) trans-11, octan tetradekenylu (4%)	(14)
Rodz: <i>Noctuidae</i>		
<i>Amathes c-nigrum</i> L.-forma duża	cis-7, octan tetradekenylu	(26)
<i>Amathes c-nigrum</i> L.-forma mała	trans-7, octan tetradekenylu	(26)
<i>Scotogramma trifolii</i> Hfn.	cis-11, octan heksadekenylu	(26)
Rodz: <i>Lymantriidae</i>		
<i>Porthetria dispar</i> L.	cis-7, 8-epoksy-2-metylooktadekan	(4)



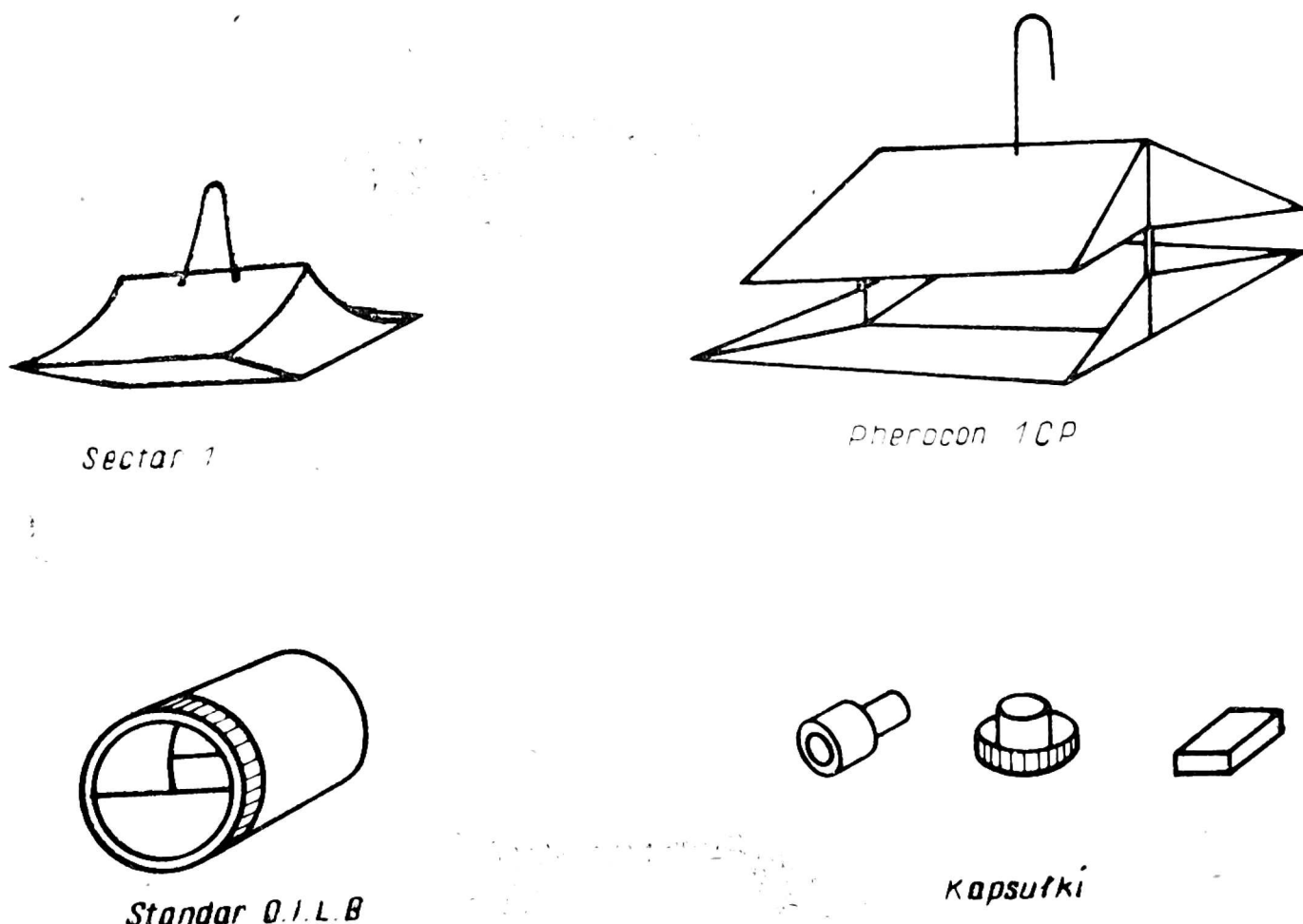
bione są przez atraktant o nazwie cis-7, octan tetradekenylu, samce zaś formy męskiej przez octan tetradekenylu o konfiguracji trans-7 [26].

Specyficzność feromonów płciowych poszczególnych gatunków jest najważniejszą barierą izolacyjną. Znanych jest jednak szereg przykładów działania wabiącego określonej struktury atraktantu na samce innych gatunków, niekiedy należących do innego rodzaju czy nawet rodziny. U gatunków tych barierą izolacji reprodukcyjnej jest najczęściej: zróżnicowane stężenie uwalnianego feromonu, zróżnicowany dobowy rytm aktywności kopulacyjnej, zróżnicowany czas pojawu motyli w sezonie, izolacja przestrzenna, czy wydzielanie przez samice związków, które blokują odbiór feromonu przez samce innego gatunku.

### *Możliwości praktycznego wykorzystania atraktantów płciowych*

Produkcja feromonów płciowych niektórych gatunków na skalę przemysłową stworzyła realne możliwości wykorzystania ich w ochronie roślin dla rejestracji gatunków szkodliwych i organiczania ich liczebności, a nawet zwalczania.

Dla celów rejestracji stosuje się różnego typu pułapki lepowe (rys. 4), wewnątrz których umieszcza się kapsułki nasycone atraktantem płciowym. Tak skonstruowane pułapki są bardzo użyteczne w badaniach bio-



Rys. 4

logiczno-ekologicznych. Na ich podstawie można ustalić termin pojawu, dobową i sezonową aktywność, zasięg migracji, areal występowania gatunku i tempo jego rozprzestrzeniania się. Mogą być także wykorzystywane do wykrywania obecności gatunków szkodliwych w danej uprawie, a także obiektach zamkniętych takich jak przechowalnie, magazyny. Podejmowane są próby mierzenia poziomu populacji niektórych gatunków i drogą pośrednią ustalanie optymalnych terminów zabiegów chemicznych ekonomicznie uzasadnionych.

Sygnalizacja terminów opryskiwań na podstawie liczby odłowionych samców i przebiegu warunków pogody jest praktycznie wykorzystywana w USA przeciwko owocówce jabłkówek [3] i w Holandii przeciwko zwójce siatkówek [20]. Taki system sygnalizacji pozwala niejednokrotnie zmniejszyć liczbę opryskiwań lub podwyższyć ich efektywność. Przy niektórych gatunkach np. owocówce jabłkówek można było przyjąć próg ekonomicznego zagrożenia licząc odłowione samce w pułapce feromonowej. Krytyczną wartością jest od 2 do 5 samców odłowionych przez jedną pułapkę na obszarze 1 ha w ciągu jednego tygodnia [2, 10, 17]. Jeżeli zwalczania nie przeprowadzono po przekroczeniu tej wartości, szkody były wyższe od tolerowanych.

Podany wyżej przedział ekonomicznego zagrożenia dla owocówki jabłkówek nie zawsze sprawdza się w praktyce. Zależy on bowiem od warunków przyrodniczo-ekonomicznych danego rejonu, a także szeregu czynników modyfikujących reakcję samców na atraktant płciowy. Do najważniejszych należą zagęszczenie szkodnika, warunki pogody, rodzaj i stan techniczny pułapki, liczba i wzór rozmieszczenia pułapek, wielkość nalotu szkodnika (imigracja).

W ostatnich latach badano bezpośrednio wykorzystanie atraktantów płciowych do zwalczania szkodliwych gatunków. Wymienić można trzy główne metody [7, 29, 33, 37]: masowe wylapywanie samców, dezorientacja samców w środowisku i przerwanie komunikacji wewnątrz gatunkowej.

Masowe wylapywanie polega na rozmieszczeniu dużej ilości pułapek z atraktantami płciowymi na polach lub w sadach, a także obiektach zamkniętych (przechowalnie, magazyny itp.). Przy dużej liczebności zwójki (*Argyrotaenia velutinana* (Walker)), która powszechnie występuje w sadach jabłoniowych USA, metoda ta była mało skuteczna. Pomimo użycia trzech pułapek na drzewo i zniszczenia ok. 17 tys. samców uszkodzenie owoców wynosiło 32% [31]. Teoretyczne obliczenia, które uwzględniały konkurencyjność samic, termin pojawu motyli i ich przeżywalność wskazały, że początkowy stosunek pułapek do samic powinien być conajmniej 5:1, aby zmniejszyć liczebność tego szkodnika o 95%. W badanym sadzie wymagało to użycia ok. 50 pułapek na drzewo, co ekonomicznie było nie-

uzasadnione. Metoda ta była również nie przydatna do masowego wyłapywania samców owocówki jabłkóweczki w USA i Szwajcarii [29]. Pewne nadzieje można mieć wykorzystując tę metodę do masowego wyłapywania motyli w obiektach zamkniętych, jeżeli zostanie spełniony warunek, że samce wcześniej będą reagować na atraktant zawarty w pułapce niż feromon wydzielany przez samice.

Metoda dezorientacji samców w środowisku polega na wytworzeniu równomiernego w całym obiekcie wysokiego stężenia atraktantu, co sprawia, że samce nie mogą odnaleźć samic wydzielających feromon, przez co nie dochodzi do kopulacji. Pozytywne wyniki po zastosowaniu tej metody uzyskano w USA, rozproszenie atraktantu zwójki *Argyrotaenia velutinana* (Walker) w dawce 22 g/ha dało 98% efektywność w dezorientacji samców. Uwalnianie tego atraktantu co 5—7 dni przy dużej masie listowia pozwoliło zwiększyć efektywność zabiegu do 99% [31].

Podobnie bardzo dobre wyniki badań uzyskano przy dezorientacji samców owocówki południóweczki w Australii, a owocówki śliwkóweczki i jabłkóweczki w Szwajcarii. Jedną z przeszkód powszechnego stosowania tej metody jest technika uwalniania atraktantu. Dotąd stosowana mikroenkapsulacja atraktantu nie pozwala na utrzymywanie stałego stężenia w długim okresie czasu. Pewne nadzieje wiąże się z wprowadzeniem do uwalniania mikrokapilarów, porowatych włókien [29].

Metoda przerywania komunikacji wewnątrzgatunkowej polega na wprowadzeniu do środowiska antyatraktantów. Są nimi najczęściej analogi atraktantów, które różnią się od nich grupą funkcyjną lub geometrią przestrzenną. W wielu przypadkach rolę tę spełnia sam atraktant, który w wysokim stężeniu ma właściwości inhibitora. Na przykład, owocówka jabłkóweczka reaguje bardzo silnie na stężenie atraktantu 1,3 mikrograma/h, natomiast stężenia 3,0 i 0,5 µg/h nie wywołują reakcji anemotaksji [33]. U zwójki *Argyrotaenia velutinana* (Walker) efektywność w przerywaniu komunikacji między samcami i samicami wynosiła 93%, jeżeli wprowadzono atraktant w stężeniu 5 mg/h/h. Atraktant ten jest mieszaniną dwóch związków: cis-11, octan tetradekenyl i trans-11, octan tetradekenyl, które zmieszane w odpowiednich proporcjach wabią samce wielu gatunków zwojek. Użyto tych dwóch związków w stosunku 1:1 i stężeniu 15 mg/h/ha w celu przerywania komunikacji jednocześnie u kilku gatunków.

Dla czterech gatunków zwojek uzyskano zadowalające wyniki, efektywność wynosiła od 82 do 90% [31].

Właściwości blokowania komunikacji mają także niektóre związki np. octan dodekylu-analog związku drugorzędowego atraktantu owocówki południóweczki, w połączeniu z atraktantem zasadniczym hamuje reakcje samców. Podobnie u owocówki jabłkóweczki reakcja samców jest ha-

mowana przez analog atraktanta, związek trans-8, trans-10, octan dodekadienyłu [29]. Stwierdzono, że samice niektórych gatunków oprócz feromonów produkują związki, które odstraszały samce np. samice brudnicy nieparki (*Porthetria dispar* L.) wydzielają olefin o nazwie 2-metyl-cis-7-oktadekan, który nie jest feromonem, a przeciwnie hamuje reakcje samców [87].

Przytoczone wyniki badań nad feromonami i atraktantami płciowymi wskazują na duże możliwości ich wykorzystania w praktycznej ochronie roślin. W tej chwili wykorzystuje się szeroko atraktanty płciowe do rejestracji gatunków szkodliwych. Obiecujące są również wyniki doświadczeń nad wykorzystaniem atraktantów płciowych dla sygnalizacji terminów i potrzeby zwalczania niektórych szkodników. Godne uwagi są prace nad wykorzystaniem atraktantów płciowych do bezpośredniego zwalczania, szczególnie przez dezorientację i przerwanie komunikacji wewnątrzgatunkowej. Również w naszym kraju powinniśmy prowadzić w szerszym zakresie badania nad atraktantami płciowymi, zwłaszcza w aspekcie ich wykorzystania do rejestracji gatunków szkodliwych.

#### LITERATURA

1. Arn H., Delley B., Baggiolini M., Charmillot P.: Communication disruption with sex attractant for control of the plum fruit moth, *Grapholitha feunebrana* two-year field study. *Entomol. Exp. Appl.* 19:139—147, 1976.
2. Baggiolini M., Charmillot P. J., Fiaux G.: Possibilités pratiques d'empoil des attractifs sexuels synthétiques dans les vergers' *Rev. suisse vitic. arboric. hortic.* 6:57—61, 1974.
3. Batiste W. C., Berlowitz A., Olsen W. H., Detar J. E., Joos J. L.: Codling moth: estimating time of first egg hatch in the field—a supplement to sex attractant traps in integrated control. *Environ. Entomol.* 2:387—391, 1973.
4. Bierl B. A., Beroza M., Collier C. W.: Potent sex attractant of the gypsy moth, *Porthetria dispar* (L.): its isolation, identification and synthesis. *Science*, 170:87—89, 1970.
5. Boczek J., Dąbrowski Z. T.: Wartość w entomologii stosowanej i metodyka badań nad zachowaniem się roztoczy i owadów. *Biul. IOR*, 52:289—317.
6. Boczek J.: Atraktanty płciowe i inne feromony owadów i roztoczy. *Wiadom. Ekol.* 19:245—256, 1973.
7. Boczek J.: Chemiczne informatory owadów i możliwości ich wykorzystania w ochronie roślin. *Ochrona Roślin*, 4:17—19, 1977.
8. Cardé R. T., Roelofs W. L., Doane C. C.: Natural inhibitor of the gypsy moth sex attractant. *Nature*, 241:474—475, 1973.
9. Cardé R. T., Doane C. C., Roelfos W. L.: Diel periodicity of male sex pheromone response and female attractiveness in the gypsy moth (*Lepidoptera: Lymantriidae*). *Can. Ent.* 106:479—484, 1974.



10. Charmillot P. J., Baggiolini M., Murbach R., Arn H.: Comparision de differentspieges pieges a attractif sexuel synthetique pour le controle du vol du carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.). Rech. agron. suisse, 14:57—69, 1975.
11. Granges J., Baggiolini M.: Une phéromone sexuelle synthétique attractive pour le carpocapse des prunes (*Grapholitha funebrana* Tr., Lep., Tortricidae). Rev. suisse vitic. arboric. hortic. 3:93—94, 1971.
12. Karlson P., Lüscher M.: „Pheromones”: a new term for a class of biologically active substances. Nature, 183:55—56, 1959.
13. Kennedy J. S., Marsh D.: Pheromone-regulated anemotaxis in flying moths. Science, 184:999—1001, 1974.
14. Klun J., Chapman O., Mattes K., Wojtkowski P., Beroza M., Sonnet P.: Insect sex pheromones: minor amount of opposite geometrical isomer critical to attraction. Science, 181:661—663, 1973.
15. Kochansky J., Cardé R. T., Liebherr J., Roelofs W. L.: Sex pheromone of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in New York. J. Chem. Ecol. 1:225—231, 1975.
16. Labanowski G. S., Sokołowski R. J., Suski Z. W.: Mating activity of gamma irradiated codling moth *Laspeyresia pomonella* (L.). Ekologia Polska 27 (1), 171—184, 1979.
17. Mani E. Wildbolz Th.: Ueber den Einsatz der Pheromonfalle in der Apfelwicklerpognose. Schw. Z. Obst u. Weinbau, 14:351—360, 1975.
18. Meijer G. M., Ritter F. J., Persoons C. J., Minks A. K., Veerman S.: Sex pheromones of summerfruit tortix moth (*Adoxophyes orana*: two synergistic isormers. Science, 175:1469—1470, 1972.
19. Minks A., Roelofs W., Ritter F. Persoons C.: Reproductive isolation of two tortricid moth species by different ratios of a two-component sex attractant. Science, 180:1073—1074, 1973.
20. Minks A. K., De Jong D. J.: Determination of spraying dates for *Adoxophyes orana* by sex pheromone traps and temperature recordings. J. econ. Entomol. 68: 729—732, 1975.
21. Persoons C. J., Minks A. K., Voerman S., Roelofs W. L., Ritter F. J.: Sex pheromones of the moth, *Archips podana*: isolation identification and field evaluation of two synergistic geometrical isomers. J. Insect Physiol. 20:1181—1188, 1974.
22. Roelofs W. L., Kué-Ching Feng.: Sex pheromone specificity tests in the *Tortricidae*-an introductory report. Ann. Entomol. Soc. Amer. 61: 312—316, 1968.
23. Roelofs W., Comeau A., Selle R.: Sex pheromone of the oriental fruit moth. Nature, 224:723, 1969.
24. Roelofs W., Hill A., Cardé A., Cardé R., Madsen H., Vakenti J.: Sex pheromone of the European leafroller, *Archips rosanus*. Environ. Entomol. 5:362—364, 1976.
25. Roelofs W., Comeau A., Hill A., Milicevic G.: Sex attractant of the codling moth: characteracterization with electroantennogram technique Science, 174:297—299, 1971.
26. Roelofs W. L., Comeau A.: Sex attractants in *Lepidoptera*. Proc. 2nd Int. Congr. Pesticide Chemistry, Tel Aviv: 91—114, 1971.
27. Roelofs W. L., Cardé R., Benz G., Salis G.: Sex attractant of the larch bud moth found by electroantennogram method. Experientia, 27:1438—1439, 1971.

28. Roelofs W. L., Kochansky J., Cardé R., Arn H., Rauscher S.: Sex attractant of the grape vine moth, *Lobesia botrana*. Mitt. Schw. Entomol. Ges. 46:71—73, 1973.
29. Roelofs W.: Manipulating sex pheromones for insect suppression. Environ. Letters, 8:41—59, 1975.
30. Roelofs W. L., Kochansky J., Anthon E., Rice R., Cardé R.: Sex pheromone of the peach twig borer moth (*Anarsia lineatella*). Environ. Entomol. 4:580—582, 1975.
31. Roelofs W. L.: Pheromones. In: The future for insecticides: needs and prospects. Metcalf and McKelvey Copyright: 445—446, 1976.
32. Roelofs W. L., Reissig W. H., Weires R. W.: Sex attractant for the spotted tentiform leaf miner moth, *Lithocolletis blancardella*. Environ. Entomol. 6:373—374, 1977.
33. Roelofs W. L., Cardé R. T.: Responses of *Lepidoptera* to synthetic chemicals and their analogues. Ann. Rev. Entomol. 22:337—405, 1977.
34. Sower L. L., Vick K. W., Long J. S.: Isolation and preliminary biological studies of the female — produced sex pheromone of *Sitotroga cerealella* (*Lepidoptera: Gelechiidae*). Ann. Entomol. Soc. Amer. 66: 184—187, 1973.
35. Sower L., Fish J.: Rate of release of the sex pheromone of the female indian meal moth. Environ. Entomol. 4:168—169, 1975.
36. Struble D. L., Lilly C. E.: An attractant for the beet webworm, *Loxostege sticticalis* (*Lepidoptera: Pyralidae*). Can. Entomol. 109:261—266, 1977.
37. Suski Z. W.: Atraktanty płciowe owocówki jabłkówekczki i ich zastosowanie w praktyce. Ochrona Roślin. 2:14—16, 1975.
38. Vick K. W., Su H.C.F., Sower L. L., Mahany P. G., Drummond P.C.: (Z,E)-7, 11-hexadecadien-1-ol acetate: the sex pheromone of the angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella*. Experientia, 30:17—18, 1974.
39. Weatherston J., Fearcy J.: Sex pheromones of moths. Endeavour, 1:83—87, 1977.