

Naturalne środki ochrony roślin. Naturalne insektycydy

Aleksandra Orzeszko-Rywka, Małgorzata Rochalska
Katedra Fizjologii Roślin, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 159, 02-686 Warszawa
e-mail: rochalska@sggw.pl

Słowa kluczowe: insektycydy, roślinne insektycydy, antyfidanty, repelenty,
rotenon, sabadyla, nikotyna, azadirachtyna, pyretryny

Wstęp

Rośliny przez miliony lat ewolucji wypracowały skuteczne metody walki z niekorzystnymi warunkami środowiska, a także swymi naturalnymi wrogami – patogenami i szkodnikami. Dysponują skuteczną bronią chemiczną, którą starają się wykorzystać tak, aby odnieść jak największe korzyści. Broń tę stanowią różnorodne, syntetyzowane przez nie, związki chemiczne nazywane naturalnymi insektycydami.

Rośliny syntetyzują bardzo wiele różnorodnych związków chemicznych. Jedne z nich to substancje szeroko rozpowszechnione, obecne w wielu roślinach należących do różnych jednostek systematycznych. Inne wytwarzane są tylko przez jeden gatunek roślin. Jeszcze inne pojawiają się tylko w określonych sytuacjach, na przykład w niekorzystnych warunkach środowiska (susza, niedobór składników pokarmowych w glebie itp.) lub w przypadku inwazji patogenów czy szkodników.

Pierwsze próby użycia sproszkowanych części roślin lub wyciągów roślinnych do ochrony plantacji roślin uprawnych przed szkodnikami przeprowadzono już w starożytności. Stosowano w tym celu pyretrum, czyli sproszkowane koszyczki kwiatowe złocienia dalmatyńskiego (*Chrysanthemum cinerariaefolium* TREV.), będące silnym środkiem owadobójczym. W Chinach substancję tę stosowano na dużą skalę w I wieku naszej ery. Można się o tym dowiedzieć z klasycznych dziewiętnasto-, a nawet osiemnastowiecznych podręczników [46]. Obecnie syntetyczne pochodne substancji czynnej pyretrum – pyretryny wchodzi w skład wielu insektycydów, a ich działanie jest coraz efektywniejsze [4].

W XVII wieku zaczęto stosować insektycydy roślinne w rolnictwie europejskim. Nikotynę w postaci wyciągu z liści tytoniu stosowano przeciwko, niszczącemu sady,

naśliwcowi lilipucikowi (*Tetrops praeuta* L.). Bardzo silną trucizną roślinną, rotenon, po raz pierwszy zastosowano w połowie XIX wieku [46]. Ludy zamieszkujące tereny Ameryki Środkowej i Południowej od dawna stosują do ochrony upraw mieszaninę kukurydzy, fasoli, papryki rocznej odmiany chili, czosnku i ruty.

Obecnie używa się wielu naturalnych, roślinnych insektycydów, a także ich syntetycznych odpowiedników lub pochodnych. Stale odkrywane są nowe substancje. Niedawno odkryto, że wyciąg z jednego z południowoamerykańskich pantofelników (*Calceolaria andina* BENTH) zawiera naftochinony, skutecznie eliminujące 29 gatunków owadów [19].

Grupy chemiczne naturalnych insektycydów

Naturalne insektycydy należą do różnych klas związków organicznych, między innymi: alkaloidów, steroidów, terpenów, flawonoidów i innych fenoli. Większość z nich to metabolity wtórne. Ich stężenie jest różne w różnych częściach roślin, ale największe w kwiatach i nasionach. Zawartość niektórych z nich, szczególnie związków fenolowych, jest ściśle skorelowana z odpornością roślin na owady.

Produkowane przez rośliny związki chemiczne mogą działać zabójczo lub w inny sposób. Rośliny chronią się przed zniszczeniem przez szkodniki również w inny sposób, np. wydzielają substancje odstrasżające lub zmieniające nawyki żywieniowe i rozrodcze, wzrost, rozwój i przeobrażanie owadów.

Ze względu na sposób działania podzielono je na:

- antyfidanty, ograniczające lub uniemożliwiające owadom żerowanie, a także kojarzenie się i składanie jaj;
- repelenty, odstrasżające owady od żerowania i składania jaj;
- związki uniemożliwiające lub zaburzające rozwój owadów;
- związki powodujące zanik płodności owadów;
- związki toksyczne dla owadów.

Większość repelentów to lotne terpenoidy. Niektóre rośliny odstrasżając owady szkodliwe przywabiają jednocześnie owady pożyteczne. Geraniol z roślin bodziszko-watych (*Geraniaceae*) np. bodziszka cuchnącego (*Geranium robertianum* L.) i bodziszka wielokorzeniowego (*Geranium macrorrhizum* L.) odstrasza muchy (*Musca* spp.) a przywabia pszczoły [8].

Zaatakowane przez szkodniki rośliny, za pomocą lotnych związków, nie tylko odstrasżają je, ale także dają znać innym roślinom, że w środowisku pojawił się wróg i należy przygotować się do jego odparcia lub zniszczenia.

Jednak substancje lotne odstrasżające pewne gatunki owadów dla innych stanowią drogowskaz do źródła pożywienia. Repelenty działają głównie na owady latające, ale ludność Ameryki Środkowej stosuje proszek czosnkowy jako środek chroniący zapasy kukurydzy i fasoli przed zniszczeniem przez chrząszcze z rodziny ryjkowco-

watych (*Curculionidae*). Preparaty czosnku są stosowane w rolnictwie ekologicznym jako zaprawy nasienne [1].

Do grupy związków chemicznych działających jako antyfidanty należy polygodial, seskwiterpen z rdestu ostrogorzkiego (*Polygonum hydropiper* L.), uniemożliwiający żerowanie, a także rozmnażanie się mszyc (sterole roślinne, mające budowę podobną do owadziego hormonu ekdysteronu, przeciwdziałają ich przeobrażaniu się).

Terpeny roślinne zaburzają zdolności lokomocyjne owadów, a także ich zdolności rozrodcze poprzez hamowanie wytwarzania jaj. Kilkanaście związków terpenowych, ma działanie podobne do owadzich hormonów juvenilnych. Hamują przeobrażanie się owadów w postać dojrzałą (imago), a tym samym zapobiegają ich rozmnażaniu. Jak widać rośliny produkują wiele związków chemicznych pozwalających ograniczyć liczebność populacji szkodników.

Działanie naturalnych insektycydów roślinnych jest różnorodne. Na przykład terpeny roślin Indii i Afryki działają jako antyfidanty, powodujące zaniechanie przez owady żerowania. Chronią rośliny przed uszkodzeniem czy zniszczeniem, a owady narażają na śmierć głodową. Również regulują rozwój owadów poprzez uniemożliwienie we właściwym czasie wylęgu larw lub ich przepoczwarczenia się w postać dorosłą. Wpływają także na gospodarkę hormonalną owadów powodując malformacje larw, sterylność, a nawet śmierć owadów. Na przykład substancja czynna powszechnie znanej rośliny przyprawowej bazylii pospolitej (*Ocimum basilicum* L.) – juvoci-men, uniemożliwia przeobrażenie się owadów [7]. W konsekwencji pozostają one przez całe życie w stadium larwalnym, nie rozmnażając się, a liczebność ich populacji ulega drastycznemu zmniejszeniu.

Olejki lotne czosnku (*Allium sativum* L.), cebuli (*Allium cepa* L.), papryki rocznej (*Capsicum annuum* L.), eukaliptusa gałkowego (*Eucalyptus globulus* LAB.), fenkułu włoskiego (*Foeniculum vulgare* MILL.), ruty zwyczajnej (*Ruta graveolens* L.), mniszka lekarskiego (*Taraxacum officinale* WEB.), tataraku zwyczajnego (*Acorus calamus* L.), lawendy prawdziwej (*Lavandula officinalis* CHAIX.), cedru libańskiego (*Cedrus libani* LAWS.), bagna zwyczajnego (*Ledum palustre* L.), wilczomlecza sosnka (*Euphorbia cyparissias* L.), mięty pieprzowej (*Mentha piperita* L.), balsamowca mirra (*Commiphora abyssinica* BERG.), cytrusów np. pomarańczy gorzkiej (*Citrus aurantium* L.) i grejpfruta (*Citrus paradisi* MACFAYDEN), cynamonowca kamforowego (*Cinnamomum camphora* SIEB.), palczatki cytrynowej (*Cymbopogon citratus* DC), niouli (*Melaleuca viridiflora* L.), drzewa herbacianego (*Melaleuca alterniflora* L.) i innych swym zapachem, czasami obojętnym lub nawet przyjemnym dla człowieka, odstrasza owady. Są jednak owady niewrażliwe na toksyny i żywiące się roślinami szkodliwymi dla innych gatunków. Jednym z przykładów może być motyl monarszy (*Danaus plexippus* L.).

Ponad 100 gatunków roślin produkujących naturalne insektycydy jest szkodliwych dla człowieka. Niektóre z nich, takie jak czosnek, truskawki, jabłka czy migdały używane są jako rośliny jadalne. [48]. Jednak spożyte w nadmiarze mogą spowodo-

wać niekorzystne skutki zdrowotne. Nie na próżno znany lekarz Paracelsus twierdził w XVI wieku, że to czy roślina leczy czy truje zależy tylko od dawki, a różnica jest nieznaczna.

W Polsce znane są próby wykorzystania naturalnych środków ochrony roślin. Wyciągi z ziół, często z dodatkiem preparatów czosnkowych, stosowane są do ochrony roślin warzywnych i sadowniczych szczególnie przed mszycami [1].

Naturalne substancje roślinne mające właściwości owadobójcze mogą służyć jako wzorce do produkcji syntetycznych insektycydów. Stworzone, na ich podstawie, syntetyczne insektycydy są bardziej toksyczne dla szkodników, bardziej trwałe, odporne na światło i ciepło niż naturalne.

W rolnictwie i ochronie środowiska są obecnie stosowane 2 naturalne insektycydy: pyretrum ze złocienia dalmatyńskiego (*Chrysanthemum cinerariaefolium* TREV.) i azadirachtyna z miodli indyjskiej (*Melia indica* BRANDIS). Kraje Unii Europejskiej dopuszczają ponadto użycie nikotyny z tytoniu szlachetnego (*Nicotiana tabacum* L.), rotenonu z derysu trującego (*Derris elliptica* SWEET.) i quassyny z gorzgli właściwej (*Quassia amara* L.). Poniżej zostaną omówione szkodliwe dla owadów substancje czynne wybranych roślin.

Wybrane substancje czynne insektycydów roślinnych

Poniżej przedstawiono, w porządku alfabetycznym, najbardziej charakterystyczne i najczęściej występujące związki chemiczne wytwarzane przez rośliny w celu ochrony przed owadami.

Akoron. Jest to seskwiterpen pozyskiwany z liści i kłaczy tataraku zwyczajnego (*Acorus calamus* L.). Działa odstraszać na niektóre owady np. stonkę ziemniaczaną (*Leptinotarsa decemlineata* SAY). Jest także insektycydem kontaktowym szczególnie skutecznym wobec taniusia krzyżowiaczka (*Plutella maculipennis* CURT.), (100% śmiertelności w 24 godziny), a także innych szkodników: nasionnicy melonowej (*Dacus cucurbita* COQ.) czy słonecznicy orężówce (*Heliothis armigera* HUB.). [3, 35, 41]. Tatarak zawiera także lotne seskwiterpeny: α -azaron, β -azaron i izoakoron oraz inne związki chemiczne, takie jak: akorenon, kariofilen, kadinen, kalamen, kaufen, pinen, mircen, humulen. Najsilniejsze działanie szkodliwe wykazują, poza akoronem, obie formy azaronu. Pozostałe substancje wzmagają ich działanie.

Azadirachtyna. To tetraterpenoid (limonoid), charakterystyczny składnik roślin z rodziny miodłowatych (*Meliaceae*), szczególnie miodli indyjskiej (*Melia indica* BRANDIS), znanej pod angielską nazwą neem, ogromnego drzewa pochodzącego z Indii, ale rosnącego także na terenach Tajlandii, Pakistanu, Indonezji, Australii, Afryki, Ameryki Środkowej i Południowej [5, 12, 42]. Znajduje się we wszystkich częściach rośliny, ale najwięcej (do 0,01%) jest go w nasionach [33]. Pojedyncze drzewo miodli może wytworzyć do 50 kg nasion. Poza azadirachtyną nasiona miodli zawierają także

18 innych, szkodliwych dla owadów, związków chemicznych, między innymi solaninę i meliantriol [6]. Azadirachtyna jest antyfidantem. Rozpoznawana przez receptory smakowe owadów blokuje je, tym samym hamując lub uniemożliwiając owadom żerowanie. Nie jest dla nich toksyczna. Owady giną z głodu [29]. Ma także właściwości regulowania rozwoju i zdolności rozrodczych owadów poprzez zmniejszenie płodności, głównie samic, nawet o 80%. Zakłóca także ich wzrost i rozwój poprzez oddziaływanie na wydzielanie hormonów, głównie ekdyteroidów. Blokuje wydzielanie z mózgu do hemolimfy hormonu juwenilnego oraz hormonu wylinkowego – ekdysonu. Skutkuje to opóźnieniem lub blokadą przeobrażenia się, zamieraniem owadów podczas wylinki i śmiercią larw, np. szarańczy wędrowniej (*Pachytilus migratorius* L.) [16]. U form dorosłych uniemożliwia rozwój owariów i powoduje resorpcję jaj, co obniża płodność, a nawet prowadzi do sterylności owadów [28]. Jest także skutecznym repelentem [37]. W Indiach tradycyjnie wysypuje się proszkiem z drewna i kory miodli magazyny zbożowe, aby chronić zbiory, głównie pszenicy i ryżu, przed zniszczeniem przez kaptownika zbożowca (*Rhizopertha dominica* FABR.) i trojszyka gryzącego (*Tribolium castaneum* HBST.). Wodne wyciągi z miodli dodane do wody w sadzawkach zniechęcają samice komarów (*Culicidae*) do składania w nich jaj [32, 36]. Azadirachtyna działa trująco, poza szarańczą i komarami, na mszyce (*Aphididae*), wciornastki (*Thripidae*), pluskwiaki różnoskrzydłe (*Hemiptera*), muchówki (*Diptera*), stonkę ziemniaczaną i gąsienice wielu gatunków motyli – w sumie na około 150 gatunków owadów.

Oczyszczone preparaty z miodli indyjskiej zawierające azadirachtynę, a pozbawione innych alkaloidów nie są toksyczne dla ssaków oraz innych kręgowców, np. ryb (LD_{50} wynosi $13000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ masy ciała), a także dla naturalnych wrogów szkodliwych owadów, np. biedronkowatych (*Coccinellidae*), oraz owadów pożytecznych, np. pszczoł (*Apidae*).

Preparaty z miodli indyjskiej znajdują szerokie zastosowanie jako środki ochrony roślin w krajach rozwijających się z uwagi na ich dużą dostępność i prostotę stosowania. Rolnicy mogą sami przygotowywać preparaty chroniące ich uprawy przed zniszczeniem przez szkodniki i stosować je nie szkodząc środowisku. Preparaty azadirachtyny znajdują także zastosowanie w rolnictwie ekologicznym.

Innym drzewem zawierającym w swych nasionach azadirachtynę jest pithray (*Aphanamixis polystachy* WALL.) także należący do rodziny miodlowatych, a pochodzący z Bangladeszu. Wyciąg z nasion tej rośliny zawiera, poza azadirachtyną, także alkaloidy i jest skutecznym repelentem, antyfidantem i insektycydem kontaktowym zwalczającym szkodniki magazynowe, takie jak: strąkowiec fasolowy (*Acanthoscelides obtectus* SAY.), wołek zbożowy (*Sitophilus granarius* L.), wołek ryżowy (*Sitophilus oryzae* L.) i trojszczyk gryzący (*Tribolium castaneum* HBST.) [43, 45].

W wielu krajach produkowane i stosowane są syntetyczne insektycydy zawierające azadirachtynę lub jej pochodne, takie jak: Neemazal, Wellgre, Neemix, Bio-neem, Margosan-O, Econeam, Neemark, Neemcure, Azatin i inne [9].

Fizostygmina. Jest to alkaloid występujący w nasionach bobotrutki kalabarskiej (inaczej fasoli kalabarskiej) (*Physostigma venenosum* BALF.), liany pochodzącej z terenów Nigerii, Kamerunu i Togo [25]. Należy do grupy alkaloidów karbaminianowych. Inne, znane alkaloidy produkowane przez tę roślinę to: kalabaryna, diktamina i hormalina. Fizostygmina jest związkiem fotoczułym, wysoce toksycznym na świetle, dla owadów, a szczególnie larw. Alkaloid ten, będący, podobnie jak nikotyna, inhibitorem acetylocholino, działa poprzez zaburzenie przewodzenia impulsów nerwowych co utrudnia pracę mięśni owadów. Był on już znany i stosowany w XIX wieku. Jego zastosowanie ogranicza dość wysoka toksyczność w stosunku do ssaków.

Nikotyna i nornikotyna to alkaloidy pirydynowe, charakterystyczne dla psiankowatych (*Solanaceae*) szczególnie dla tytoniu szlachetnego (*Nicotiana tabacum* L.) i tytoniu bakun (*Nicotiana rustica* L.). Właściwości owadobójcze nikotyny znano już w XVI wieku. W roślinach nikotyna obecna jest w formie cytrynianu lub maleinianu. Jest analogiem acetylocholino dlatego łączy się z receptorami acetylocholinowymi błon komórkowych. Powoduje to blokadę przewodzenia impulsów w układzie nerwowym i zaburza pracę mięśni prowadząc do dysfunkcji układu motorycznego, konwulsji, paraliżu i śmierci [26]. Stosowana jest do zwalczania szkodników magazynowych, owadów glebowych, a także stonki ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* SAY) oraz innych gatunków chrząszczy (*Coleoptera*) [22, 35]. Nikotyna, głównie z tytoniu bakun, wchodzi w skład insektycydów komercyjnych. Inne naturalne analogi nikotyny o właściwościach owadobójczych to anabazyne i neonikotyna z rosnącego na stepach Azji Środkowej krzewu, kłaczela bezlistnego (*Anabasis aphylla* CAR.). Obecnie w użyciu są syntetyczne insektycydy (imidacloprid, thiacloprid, nitempiran, acetamiprid czy thiamethoxan) zawierające pochodne nikotyny np. 5'-metylonornikotynę [13].

Pyretryny. Są to mieszaniny 6 estrów kwasu pyretrowego (pyretrum) i alkoholi pyrethrolonu (pyretryny I i II), cynerolonu (cinerina I i II) i jasmolonu (jasmolina I i II), mające silne właściwości owadobójcze. Pyretryny są charakterystyczne dla wielu gatunków roślin. Pierwsza, w 1876 roku, została wyizolowana pyretryna ze złocienia dalmatyńskiego (*Chrysanthemum cinerariaefolium* L.). Następnie stwierdzono ich obecność u kilku innych przedstawicieli rodziny złożonych (*Asteraceae*). Znajduje się również w bertramie lekarskim (*Anacyclus officinarum* HAYNE). W roślinie tej znajdują się dodatkowo alkaloidy pellitronina, seasamina oraz amidy tyraminowe. Związki te wzmacniają efekt toksyczny pyretryn.

Pochodna pyretryny, piperovatyna, wyizolowana została z liści pochodzącej z Trynidadu rośliny *Piper ovatum* VAHL. [34, 41].

Dawniej pyretryny stosowane były w postaci proszków służących do opylania roślin. Sproszkowane kwiaty złocienia dalmatyńskiego, zwane proszkiem dalmatyńskim, niszczą muchy i mszyce na plantacjach roślin uprawnych i w ogródkach przydomowych. Nie działają natomiast na pluskwy i gąsienice motyli. Podobne, chociaż słabsze, działanie ma proszek perski ze sproszkowanych kwiatów złocienia kauka-

skiego (*Chrysanthemum roseum* WEB et MOOR) [30]. Obecnie stosuje się te substancje do opryskiwania roślin w postaci płynnej. Miejscem działania pyretryn jest układ nerwowy owadów. Związki te blokują kanały sodowe błon komórkowych. Impulsy nerwowe przekazywane są poprzez gwałtowną polaryzację i depolaryzację błon komórkowych. Zablockowanie kanałów sodowych uniemożliwia ten proces zaburzając przewodzenie impulsów w ośrodkowym i obwodowym układzie nerwowym. Skutkuje to zaniechaniem żerowania, utrudnieniem poruszania się, drgawkami i paraliżem prowadzącymi do śmierci owada [2].

Złocien dalmatyński jest doskonałym fumigantem. Dym ze spalonych jego części zielnych skutecznie niszczy komary.

Pyretryny wykazują znikomą toksyczność dla organizmów stałocieplnych, np. ssaków (LD_{50} wynosi, przy podaniu doustnym, 1200–1500 mg · kg⁻¹ masy ciała) i są szybko degradowane w środowisku, co predestynuje je do stosowania w rolnictwie ekologicznym.

Syntetyczne pochodne pyretryny: permetryna, alletryna, cypermetryna stanowią substancje czynne takich, syntetycznych insektycydów jak: Pyramina (stosowana od 1949 roku), Neo-Pyramin, Synthrin, Bioallethrin, Sumitrin, Pydrin, Tribute, Bellmark, Ambush, Astro, Dragmet, Flee, Prelude, Torpedo, Capture, Tradlex i inne [17]. Charakteryzują się one wyższą toksycznością, trwałością i odpornością na światło i temperaturę niż naturalne pyretrum [22].

Naturalne pyretryny są prawnie dopuszczone w krajach Unii Europejskiej do ochrony upraw ekologicznych (patrz tab. 1 na str. 13). Chociaż z uwagi na ich toksyczność dla owadów pożytecznych i gospodarczo obojętnych, ale stanowiących element środowiska naturalnego, ich stosowanie w rolnictwie ekologicznym, w wielu krajach, ulega ostatnio ograniczeniu.

Quassyna i neoquassyna to chinony z kory i drewna gorzkiej właściwej inaczej kwazji gorzkiej (*Quassia amara* L.), tropikalnego drzewa z Ameryki Południowej. W języku hiszpańskim słowo amara znaczy „gorzki”, co odpowiada smakowi preparatów z tej rośliny. Występuje też w innym południowo amerykańskim drzewie *Picrasma excelsa* PLANCH. Quassyna ma smak 50 razy bardziej gorzki niż chinina. Kora gorzkiej właściwej zawiera dodatkowo światłoczułe związki quassynarynę i simililakton [38]. Preparaty z gorzkiej od wieków używane były przez Indian do ochrony roślin uprawnych przed mszycami (*Aphididae*) i innymi szkodnikami. Stosowane są także przeciw komarom. Działanie quassyny na owady polega na spowodowaniu zmian wydzielania hormonów co skutkuje uniemożliwieniem im przeobrażenia się w postać dorosłą. Quassyna wchodzi w skład stosowanego w Brazylii insektycydu Maroons. Preparaty z gorzkiej właściwej dopuszczone są do stosowania w rolnictwie ekologicznym w Europie [20].

Rotenon. To flawonoid zawarty w: korzeniu derysu trującego (*Derris elliptica* SWEET) – indyjskiego drzewa z rodziny *Fabaceae*, *Lonchocarpus nicou* DC – zwanego przez Indian barbasco, *Tephrosia toxicaria* SWEET i *Tephrosia virginiana* L. Do pro-

dukcji środków ochrony roślin używane są *Derris* i *Lonchocarpus*. Pierwszy z nich zawiera do 13%, a drugi około 5% rotenonu. Poza rotenonem derys trujący zawiera alkaloidy o podobnej budowie chemicznej: deguelinę i tefrozynę. Rotenon wykorzystywany jest głównie jako insektycyd kontaktowy, rzadziej jako repelent. Związek ten zmienia metabolizm owadów poprzez ograniczenie transportu elektronów w mitochondriach i blokadę fosforylacji ADP. Powoduje to obniżenie intensywności oddychania i pobierania tlenu, brak koordynacji ruchów, drgawki, paraliż, a wreszcie śmierć owada [4]. Preparaty z korzenia derysu trującego stosowane były, jako insektycydy, już w latach trzydziestych XX wieku. Rotenon jest jedynym flawonoidem roślinnym stosowanym komercyjnie na dużą skalę. Używany jest jako naturalny środek ochrony roślin w rolnictwie ekologicznym. Rozkłada się szybko, w ciągu 3–6 dni, dlatego nie jest obecny w plonie. Stosowany jest przeciwko mszycom (*Aphididae*), błonkówkom (*Hymenoptera*) i motylom (*Lepidoptera*), a zwłaszcza ich gąsienicom, chrząszczom (*Coleoptera*) np. kistnikowi malinowcowi (*Byturus tomentosus* F.), pchełkom (*Halticinae*), kornikom (*Ipidae*), wciornastkom (*Thripidae*). Często stosowany do ochrony drzew leśnych [27]. LD₅₀ dla kręgowców wynosi 60–1500 mg · kg⁻¹ masy ciała w zależności od gatunku. W Szwajcarii do oficjalnego obrotu dopuszczone są 2 komercyjne insektycydy utworzone na bazie rotenonu przeznaczone dla farm ekologicznych, ale ich stosowanie jest dyskutowane. [32, 45].

Ryanodina. Alkaloid z korzeni i pędów południowo amerykańskiego krzewu *Ryania speciosa* VAHL. Roślina zawiera szereg alkaloidów, z których najważniejszą jest ryanodina. Alkaloid ten zaburza pracę układu pokarmowego oraz mięśniowego owadów aż do wywołania paraliżu. Używany jest, na dużą skalę, przeciw omacnicy proso-wiance (*Ostrinia nubilalis* HBN.), ale także skutecznie zwalcza mszyce (*Aphididae*) i pasikoniki (*Tettigoniidae*) [9, 39].

Sabadyla. To mieszanina alkaloidów zawartych w nasionach pochodzącej z Meksyku rośliny z rodziny *Liliaceae* sabadyli lekarskiej (*Schoenocaulon officinale* A. GRAY). Nasiona tej rośliny są bardzo bogate w alkaloidy. Główne z nich to: weratryna, weratrydyna, sabadylina, sabatryna i cewadyna [14]. Alkaloidy te powodują zmiany w błonach komórek nerwowych owadów uniemożliwiające zmiany ich polaryzacji. Pro-wadzi to do zmniejszenia efektywności działania układu nerwowego, paraliżu i śmierci. Nie wykazują toksyczności w stosunku do ssaków (LD₅₀ wynosi 4000–5000 mg · kg⁻¹ masy ciała). Niektóre z nich, szczególnie weratryna, są toksyczne dla innych niż owady bezkręgowców np. robaków. Zwalcza wciornastki (*Thripidae*), chrząszcze (*Coleoptera*) i gąsienice zjadające liście [34, 48].

Inne substancje owadobójcze. Do innych substancji owadobójczych lub odstraszających owady należą:

- od niedawna stosowany, znajdujący się w owocach cytrusowych limonen, którego szczególnie wysoką zawartość wykazuje grejpfrut (*Citrus paradisi* MCFAYDEN). Jest to związek nietoksyczny dla kręgowców (LD₅₀ powyżej 5000 mg · kg⁻¹ masy ciała);

- zawarte w korze cynamonowca wonnego (*Cinnamomum aromaticum* NECS.) eugenol i aldehyd cynamonowy; podobnie jak pyretryny działają one na układ nerwowy owadów;
- flawonoidy z krwawnika kichawca (*Achillea ptarmica* L.) [18, 47];
- związki siarkowe czosnku (*Allium sativum* L.): alliina (sulfotlenek S-alkilocysteiny) i jej pochodna allicyna (monosulfotlenek dwusiarczku diallilowego) hamujące syntezę RNA i biosyntezę lipidów ścian komórkowych [21]. Czosnek zawiera także skordyninę i flawonoidy wzmacniające działanie alliiny;
- taraxacyna – seskwiterpen mniszka lekarskiego (*Taraxacum officinale* WEB.) odstrasza owady szkodliwe, a przywabiający pożyteczne [23];
- heerabolen, kandin, elenol, eugenol, aldehyd kuminowy i furanoseskwiterpeny ze znanej już z biblii mirry – składnika żywicy balsamowca mirra (*Commiphora abyssinica* BERG.), ciernistego krzewu z terenów Abisynii i Erytrei. Używany jako repelent już w starożytnej Grecji i Rzymie, a do dzisiaj w Egipcie [8];
- kapsaicyna alkaloid z ostrych odmian papryki rocznej (*Capsicum annuum* L.) – trans-8-metylo-n-wanilino-6-nonenarid) stosowana w ogródkach przydomowych do tępienia atakujących rośliny gąsienic;
- α i γ -terpinen, 1,8 cineol, α - pinen, terpinolen, p-cymen, linalool, terpinolen, limoneal, terpinen-4-ol, myrcen, – cykliczne terpeny olejku z australijskich drzew: herbacianego (*Melaleuca alterniflora* L.) i cajeput (*Melaleuca leucadendron* L.), repelenty skutecznie odstrasza pluskwiaki, komary, karaczany (*Blattidae*), muchy [31, 44];
- kwas walerianowy, ocinenon, tageton, limonen – repelenty z aksamitka wzniesionego (*Tagetes erectus* L.) odstrasza owady [8, 42];
- citral, limonen, mircen, linalool, octan linlylu, geraniol, neral insektycydy z chińskiej rośliny May Chang (*Litsea cubeba* LOUR) o silnych właściwościach owadobójczych [38];
- aldehyd cynamonowy, eugenol, safrol, linalool, estry kwasu cynamonowego, mono- i diseskwiterpeny zawarte w korze cynamonowca wonnego (*Cinnamomum aromaticum* NECS.) i cynamonowca cejlońskiego (*Cinnamomum zeylanicum* BLUME) odstrasza owady. Podobnie jak pyretryny działają one na układ nerwowy owadów [40].

Stale odkrywane są nowe substancje o podobnym działaniu.

Większość wyciągów czy proszków roślinnych stosowanych jako naturalne insektycydy to mieszaniny, czasami wielu, różnych związków chemicznych.. Naturalne wyciągi roślinne zawierają, poza główną substancją czynną, także inne związki chemiczne, które często wzmacniają i wspomagają jej działanie i dlatego skuteczniej chronią rośliny przed owadami niż poszczególne, wyizolowane z nich związki chemiczne [49]. Wyciąg z miodli indyjskiej działa znacznie skuteczniej od syntetycznej azadirachtyny i nie powoduje pojawienia się u owadów odporności. Stwierdzono to np. dla mszycy brzoskwińowej (*Myzus persicae* SULZ.). Każda z takich mieszanin,

nawet o identycznym składzie, ale o różnych stężeniach poszczególnych składników działa inaczej.

Naturalne insektycydy mają zarówno zalety jak i wady. Zalety to:

- działają skutecznie,
- są zwykle nietoksyczne dla innych zwierząt, w tym ssaków,
- szybko rozkładają się w środowisku zatem mogą być używane na krótki czas przed zbiorem plonu,
- działają wolniej niż syntetyczne insektycydy, ale owady trudniej uodparniają się na nie.

Wady:

- są mniej trwałe niż insektycydy syntetyczne,
- rozkładają się pod wpływem światła słonecznego (a właściwie zawartego w nim UV) i ciepła,
- są dostępne tylko przez pewien okres w roku.

Zastosowanie

Naturalne insektycydy mogą być wykorzystane w ochronie upraw ekologicznych, w których niedopuszczalne jest używanie konwencjonalnych środków ochrony roślin. Sprawdzają się także w parkach i ogrodach, gdzie ze względu na obecność ludzi nie należy używać wysoko toksycznych insektycydów syntetycznych. Służą zatem ochronie środowiska. Przepuszczalnie w przyszłości ich znaczenie na rynku środków owadobójczych będzie rosło. Jednak nie należy oczekiwać, że kiedykolwiek w pełni zastąpią całkowicie syntetyczne środki chemiczne. Nie sprawdzają się bowiem w uprawach wielkotowarowych, szczególnie monokulturach. Jest to spowodowane ich dość wysoką ceną i niższą skutecznością spowodowaną brakiem naturalnych wrogów i genetyczną identycznością nieodpornych roślin w monokulturach. Obie kategorie insektycydów nie będą ze sobą rywalizować, ale raczej koegzystować, tak jak obecnie naturalne pyretryny z syntetycznymi środkami opartymi na ich strukturze chemicznej – pyretroidami.

Naturalne insektycydy świetnie współpracują z innymi sposobami walki ze szkodnikami takimi jak: pułapki feromonowe czy stosowanie naturalnych wrogów owadów, bakterii, nicieni czy grzybów.

Nowoczesne techniki pozwalają coraz szybciej i lepiej izolować, identyfikować i charakteryzować związki chemiczne zawarte w roślinach. Coraz częściej pojawiają się doniesienia o odkryciu nowych, naturalnych, substancji szkodliwych dla owadów. Biorąc pod uwagę bogactwo świata roślinnego na pewno pozostało do odkrycia jeszcze wiele takich, może nawet skuteczniejszych od dotychczas poznanych, substancji, szczególnie w słabo poznanej florze południowo amerykańskich lasów deszczowych.

Regulacje prawne dotyczące stosowania naturalnych insektycydów

Niektóre z naturalnych insektycydów są oficjalnie dopuszczone do obrotu handlowego i stosowania w uprawach ekologicznych i produkcji „zdrowej żywności”. Rozporządzenie Komisji WE 2092/91/EWG [10] w sprawie produkcji ekologicznych produktów rolnych oraz znakowania produktów rolnych i środków spożywczych stwierdza, że do stosowania mogą być dopuszczone następujące środki ochrony roślin:

Tabela 1. Załącznik IIB Rozporządzenia 2092/91 EWG) [10]

Nazwa	Opis wymogów dotyczących składu, warunki użycia
Azadirachtin (azadirachtyna) otrzymany z <i>Azadirachta indica</i> * (miodli indyjskiej)	Środek owadobójczy do użytku tylko w przypadku roślin macecznych do produkcji materiału siewnego oraz roślin wyjściowych do produkcji roślinnego materiału reprodukcyjnego i roślin ozdobnych.
Wyciąg (roztwór wodny) z tytoniu szlachetnego (<i>Nicotiana tabacum</i>)	Środek owadobójczy. Tylko przeciw mszycom w przypadku subtropikalnych drzew owocowych (np. pomarańcze, cytryny) oraz zbiorów tropikalnych (np. banany); użycie wyłącznie na początku okresu wegetacji roślinnej. Wymaga zatwierdzenia przez jednostkę kontrolującą lub organ kontroli. Tylko w okresie, który wygasa dnia 31 marca 2002 roku.
Oleje roślinne (np. olej miętowy, sosnowy, kminkowy)	Środki owadobójcze, roztoczobójcze (akarycyd), fungicyd, inhibitor kiełkowania.
Pyretryny otrzymane z <i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	Środek owadobójczy
Quassyna otrzymany z <i>Quassia amara</i>	Środek owadobójczy i odstraszaający owady.
Rotenon otrzymany z <i>Derris</i> spp. i <i>Lonchocarpus</i> spp.	Środek owadobójczy; Wymaga zatwierdzenia przez jednostkę lub organ kontroli.

* *Azadirachta indica* = *Melia indica* BRANDIS.

Substancje te mogą być używane wyłącznie zgodnie ze szczegółowymi przepisami legislacyjnymi dotyczącymi stosowania środków ochrony roślin mających zastosowanie we wszystkich Państwach Członkowskich w których produkt jest używany.

W Polsce stosowanie naturalnych środków ochrony roślin znajduje umiejscowienie prawne w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 1.07.2004 do Ustawy o Rolnictwie ekologicznym z 20.04.2004 roku oraz w Ustawie o Ochronie Roślin z 18.12.2003 roku. Przepisy są takie same jak dla wszystkich krajów Unii Europejskiej [11]. Różnice dotyczą nazewnictwa. Zamiast środek owadobójczy używane jest określenie insektycyd. Zamiast określenia jednostka lub organ kontroli – upoważniona jednostka certyfikacyjna.

W naszym kraju zarejestrowanych jest 17 środków ochrony roślin kwalifikowanych jako nadające się dla potrzeb rolnictwa ekologicznego. Niektóre z nich zawierają

substancje, których stosowanie jest obecnie dyskutowane, na przykład pochodne pyretryn. W krajach UE zastępowane są one coraz częściej olejem rzepakowym. Część przedstawionych w tym artykule substancji, pomimo że znajduje się w obrocie handlowym i wpisana została na krajową listę środków dopuszczonych do użytku przez Instytut Ochrony Roślin, nie może być uznana za prawnie obowiązujące bowiem nie została wymieniona w przytoczonym Załączniku IIB rozporządzenia EWG.

Na krajowej liście naturalnych środków ochrony roślin znajdują się między innymi.:

- Bioczos BR, którego substancją aktywną jest miazga czosnku,
- Biosept 33SL zawierający ekstrakt z nasion i miąższu grejpfruta,
- Grevit 20 SL zawierający ekstrakt z grejpfruta,
- Zaprawa ziołowa PNOS-1SL oparta na wyciągu z ziół i czosnku [20].

Podsumowanie

Rośliny wytwarzają wiele substancji, które mogą być wykorzystane przez człowieka do ochrony upraw przed szkodnikami może nie lepiej, ale bezpieczniej niż powszechnie stosowane, insektycydy syntetyczne. Ponieważ stale wzrasta rola upraw ekologicznych oraz świadomość konieczności staranniejszej ochrony środowiska wydaje się, że naturalne sposoby ochrony roślin będą stosowane coraz szerzej. Nie bez znaczenia jest też ich niższa cena i łatwiejsza dostępność szczególnie dla rolników ubogich krajów tropikalnych.

W 1962 roku w Postępach Nauk Rolniczych ukazała się praca omawiająca zastosowanie naturalnych insektycydów w ochronie roślin [24]. Od jej ukazania się minęło ponad czterdzieści lat. W tym czasie wzrosło znaczenie rolnictwa ekologicznego, głównego „odbiorcy” naturalnych insektycydów. W latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku najpopularniejszymi naturalnymi insektycydami były nikotyna i jej pochodne (np. anabazyne), pyretryny, rotenon i helleboryna. Obecnie anabazyne i helleboryna nie są używane, a nikotyna i rotenon straciły swoje wiodące znaczenie. Szeroko dziś stosowane i prawnie dopuszczone do stosowania w rolnictwie ekologicznym azadirachtyna i quassyna w latach sześćdziesiątych XX wieku nie były używane. Naturalne środki ochrony roślin używane są obecnie znacznie ostrożniej. Pyretryny np., w przekonaniu o ich nieszkodliwości, używane były do ochrony pomieszczeń mieszkalnych, a nawet żywności, przed muchami, co obecnie jest nie do pomyślenia. Nie stosowano, coraz bardziej popularnych, wyciągów ziołowych, preparatów czosnku i olejków eterycznych.

Obecnie znacznie więcej wiadomo o mechanizmach działania na fizjologię owadów różnorodnych substancji pochodzenia roślinnego. Pozwala to na efektywniejsze i lepiej służące zarówno rolnictwu jak i ochronie środowiska ich wykorzystanie. Naturalne insektycydy, podobnie jak 40 lat temu, stanowią niewielki procent ogółu zużywanych przez rolnictwo środków ochrony roślin. Jednak ich znaczenie stopniowo wzrasta do czego przyczynia się, przede wszystkim, rozwój rolnictwa ekologicznego.

Literatura

- [1] Achremowicz J. 1992. Ekstrakty roślinne jako naturalne pestycydy do zwalczania mszyc. Materiały XXXII Sesji Naukowej Instytut Ochrony Roślin Poznań: 242–244
- [2] Addor R. 1995. Insecticides in agrochemicals from natural products. Godfrey C.R.A (red). M. Dekker Inc.: 1–19.
- [3] Akbar Ali Rajput, Sarwar M., Moula Bux, Tofique M. 2003. Evaluation of synthetic and some plant origin insecticides against *Helicoverpa armigera* on chickpeas. *Pakistan J. of Biological Science* 6: 496–499.
- [4] Banasik K., Ignatowicz S. 1995. Zastosowanie proszków roślinnych w ochronie produktów magazynowych przed szkodnikami. Materiały XXXV Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin Poznań: 160–165
- [5] Basak S.P., Chakraborty D.P. 1968. Chemical investigation of *Azadirachta indica* leaf. *J. of Indian Chemical Soc.* 45: 466–467.
- [6] Bhandri P.R., Mukerji B. 1998. The neem: Indian lilac (*Azadirachta indica*). *The Eastern Pharmacist* 2: 21–24.
- [7] Charles G.J., Simon J.E., Wood K.V. 1990. Essential oil of *Ocimum micranthum* WILD. *J. Agric. Food. Chem.* 38: 120–122.
- [8]. Croteau R., Karp F. 1991. Origin of natural odorants. *Perfume Art, Science and Technology* P. Muller, D. Lamparsky (red.), Elsevier Applied Science N.Y.: 101–126.
- [9] Cusich J.E., Pessah I.N., Seibert J., Waterhose A.L. 1992. Ryania insecticide. *Pesticide Science and Biotechnology*. Greenlough R., Roberts T.R. (red). Blackwell Publishers Oxford UK: 59.
- [10] Dziennik Ustaw WEL 198 z 22.07.1991. Rozporządzenie 2092/91/EWG. Załącznik IIB.
- [11] Dziennik Ustaw 93/2004 poz. 898. Dziennik Ustaw 164/2004 poz. 1719. Dziennik Ustaw 11/2004 poz. 94.
- [12] Garg H.S., Bhakuni D.S. 1984. As flavonone from leaves of *Azadirachta indica*. *Phytochemistry* 23: 2115–2118.
- [13] Gillet J.B. 1991. *Burseraceae*. W: Flora of Tropical East Africa. Balluma Rotterdam: 118–136.
- [14] Hassa R. 2002. Pestycydy – dobro czy zło. *Chemia w Szkole* 2: 19–22.
- [16] Jacobson M. 1993. The neem tree: natural resistance par excellence. *Amer. Chem. Soc. Symp. Ser.* 296: 220–232.
- [17] Jeanmart S. 2004. Trends in chrysanthenic acids chemistry: a survey of recent pyrethrum syntheses. *Australian J. Chem.* 56: 559–566.
- [18] Kasaj D., Krem L., Prinz S., Hufner A., Haslings E., Yu S.S., Kopp B. 2001. Flavon- and Flavonolglycosides from *Achillea*. *Z Naturforsch.* 56: 521–525.
- [19] Khambay P.P., Battly D., Cahill M., Denholm J., Mead-Briggs M., Vinah S., Niemeyer H.M., Simmonds M.S. 1999. Isolation, characterization and biological activity of naphthoquinones from *Calceolaria andina*. *J. Agric. Food. Chem.* 47: 770–775.
- [20] Kowalska J. 2005. Środki ochrony roślin w rolnictwie ekologicznym oraz zasady ich kwalifikowania. Monografia Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych. Poznań: 171–178.

- [21] Lawson L.D., Hughes B.G. 2002. Characterization and formation of allicin and other thio-sulfines from garlic. *Planta Med.* 58: 345–350
- [22] Leathey J.P. 1985. The pyrethroid insecticides. W: Identification and Evaluation of Un-identified Organic Contaminants, L. Tayler (red.), Francis Ltd. Philadelphia: 99–187.
- [23] Leu Y.L., Shi L.S., Damu A.G. 2003. Chemical constituents of *Taraxacum*. *Chem. Pharm. Bull.* (Tokyo). 51: 599–601.
- [24] Lipa J. 1962. Insektycydy pochodzenia roślinnego. *Post. Nauk Rol.* 6: 99–108.
- [25] Lloyd I.U. 1897. *Physostigma venenosum* (CALABAR). The Western Druggist, Cincinnati: 1–8.
- [26] Maienfisch P., Kobel W., Rindlisbacher A., Senn R. 1998. Nicotine insecticides and the nicotinoid acetylcholine receptors. J. Casida, I. Yamamoto (red.), Springer Verlag Tokyo: 99–128.
- [27] Malinowski H., Dobrowolski H. 1999. Activity of azadirachtin against some forest leaf-feeding insects. Proc. ESNA XXIX Annual Meeting 7–12 September: 192.
- [28] Malinowski H. 2003. Przegląd ważniejszych grup insektycydów i mechanizmy działania na tkankę docelową. W: Odporność owadów na insektycydy, Wieś Jutra Sp. z o.o., Warszawa: 31–38.
- [29] Mordue A.J. 1998. Azadirachtin – a review of its mode of action in insects. Proc. Practice oriented results VIII. J. Kleeberg (red.): 1–4.
- [30] McDaniel R.G. 1990. Breeding arid adapted pyrethrum for insecticide production in the desert southwest. W: Advanced in new crops J. Janick, J.E. Simmon (red.), Timber Press Portland: 529–538.
- [31] Murray M.T., Pizzorno J.E. 1999. *Melaleuca alternifolia* (tea tree). Textbook of Natural Medicine Churchill Livingstone Edinburgh: 817–820.
- [32] Nagpal B.N., Srivastava A., Sharma V.P. 1995. Control of mosquitoes breeding using wood scrapings treated with neem oil. *Indian J. Malariol.* 32: 64–6.
- [33] Ray D.E. 1991. Pesticides derived from plant and other organisms. Handbook of pesticide Toxicology Vol. 2. Acad Press Toronto: 585–603.
- [34] Schultz W. 1999. Natural insects control. The ecological gardener's guide to foiling pests. Brooklyn Garden Inc. Brooklyn: 58–67.
- [35] Shakunthala N., Thomas J. 2001. Oviposition deterrence of *Acorus calamus* on melon fly (*Batrocera cucurbitae*). *J. Trop. Agriculturae* 39: 145–149.
- [36] Sharma V.P., Ansara M.A., Rondan R.K. 1993. Mosquito repellent action of neem oil. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 9: 357–359.
- [37] Sharma V.P., Dhiman R.C. 1993. Neem oil as a sand fly repellent. *J. Am. Mosq. Control. Assoc.* 9: 359–360..
- [38] Schmutz E. Warren B., 1999. Natural Insect Control. Brooklyn Garden Inc. Brooklyn: 19–32.
- [39] Silva-Aguayo G. 2004. Botanical insecticides. »<http://impworld.umn.edu/chapters/SilviaAuayo.htm>«
- [40] Soloway S.B. 1976. Naturally occurring insecticides. *Environ. Health Perspect.* 14: 109–116.
- [41] Sxaena B.P., Srivastava J.B. 1972. Effect of *Acorus calamus* some soil vagor on *Dyscle-rus eigulans*. *Indian J. Exp. Biol.* 10: 391–393.

- [42] Talukder F.A., Howse P.E. 1993. Deterrent and insecticide effects of extracts of pithray. *J. Chem. Ecol.* 19: 2463–2471.
- [43] Talukder F.A., Howse P.E. 1995. Evaluation of *Aphanomixis polystachya* as a source of repellents, antifeedants, toxicants and protectants in storage against *Tribolium castaneum*. *J. of Stored Products Res.* 31: 55–61.
- [44] Taylor L. 2004. The Headling power for rain forest herbs. »<http://www.rain-tree.com/amar-go.htm>«.
- [45] Thompson W.T. 2001. Agricultural chemicals book. I Insecticides. Thomson Publications Fresno California: 249–255.
- [46] Trinen B., Trinen R., Trinen H. 1880. Medical plant. London, Churchill: 473–475.
- [47] Valant-Vetschera K.M., Wollenweber E. 2001. Exudate flavonoids aglycones in alpine species of *Achillea ptarmica*. *Biochem. Syst. Ecol.* 29: 149–159.
- [48] Ware G.W., Whitacre D.M. 2004. The pesticide book. Pro. Inf. Resour. Ser. Publication Meister Ohio: 134–158.
- [49] Wiesbrook M.L. 2000. Are natural insecticides safer and better than conventional insecticides. *Pesticide review* 17: 1–9.

Natural pesticides. Plant insecticides

Key words: insecticides, plant insecticides, antifeedants, repellents, rotenone, sabadyllin, nicotine, azadyrachine, pyrethrins

Summary

Many plants elaborated effective methods of defense against unfavorable environmental conditions, pathogens and insects. Plants produce a lot of chemicals which can be used for controlling of pests. These chemicals can act as: antifeedants which limit food seeking and matching, repellents deterring from food seeking and egg laying, chemicals disturbing or making insects growth impossible, causing decline of fertility or just toxic for insects' organisms.

Some of these substances, discussed in this paper, are: acorone, azadyrachine, physostygmine, nicotine, pyrethrins, quassine, rotenone, ryanodine and sabadyllin.

Natural insecticides are not more efficient than synthetic ones but they are certainly more safe. Because of growing interest in organic agriculture and preservation of natural environment, the role of natural insecticides will probably be more important.

The other advantage of plant insecticides is their lower price and greater availability for farmers from poor, tropical regions.