

HENRYK MALINOWSKI

Obecne trendy w ograniczaniu liczebności populacji szkodliwych stawonogów

Current Trends in Limiting the Population of Destructive Arthropoda

Stosowanie klasycznych zoocydów z grupy związków fosforoorganicznych, karbaminianów, fotostabilnych pyretroidów powoduje – obok niewątpliwych korzyści – wiele negatywnych skutków w środowisku przyrodniczym. Mechanizm działania wymienionych grup zoocydów polega na blokowaniu układu nerwowego traktowanych szkodników i w związku z tym charakteryzują się one znaczną szybkością działania. W wielu przypadkach szkodliwe stawonogi giną prawie natychmiast po zabiegu. Stosuje się je w momencie masowego występowania szkodnika, a efekt ich działania polega na bezpośredniej likwidacji (zabiciu) większości osobników (około 100%) zwalczanej populacji i daje się łatwo ocenić wizualnie. Wymienione względy oraz stosunkowo niska cena tych związków zadecydowały o tym, że są one chętniej stosowane niż inne grupy bardziej nowoczesnych zoocydów.

W wyniku częstego stosowania klasycznych zoocydów wprowadza się do środowiska znaczne ilości obcych związków, co wywołuje jego nieodwracalne zmiany. Stosunkowo mała selektywność ich działania powoduje wyniszczenie entomofauny pożytecznej, w tym wrogów naturalnych szkodników; jedne gatunki zanikają, inne – nie stwarzające dotychczas zagrożenia – uaktywniają się. Jednym z ważniejszych ubocznych skutków wieloletniego stosowania omawianych zoocydów jest powstawanie na nie oporności u zwalczanych gatunków. Znane są gatunki szkodników, które wytworzyły odporne populacje na większość możliwych do ich zwalczania zoocydów, np. stonka ziemniaczana (*Leptinotarsa decemlineata* Say) w USA, mszyca śliwowo-chmielowa (*Phorodon humuli* Schr.), i przędziorek chmielowiec (*Tetranychus urticae* Koch.) w niektórych krajach Europy.

Z punktu widzenia powstawania oporności nie jest korzystne uzyskiwanie śmiertelności szkodnika na poziomie około 100%. Wiadomo bowiem, że u zwalczanej danym zoocydem populacji szkodników występują trzy rodzaje genotypów: homozygoty wrażliwe stanowiące większość osobników, heterozygoty – w małej ilości oraz homozygoty odporne – nieliczne. Uzyskiwanie bardzo wysokiej śmiertelności przyspiesza procesy

selekcji, gdyż przeżywają zabieg jedynie homozygoty odporne i ewentualnie heterozygoty odporne dające początek populacji o wzrastającej oporności. Obecnie uważa się, że w celu opóźnienia powstawania oporności należy stosować dawkę powodującą 90% śmiertelności lub mniej. Chodzi o to, by zachować w populacji pewną liczbę osobników wrażliwych, które krzyżując się z pozostałymi przy życiu heterozygotami opornymi opóźniają powstawanie oporności. Biorąc to pod uwagę wydaje się właściwsze określenie "ograniczanie populacji" niż "zwalczanie", przez które tradycyjnie rozumie się skuteczność na poziomie ok. 100%. Uważa się również, że występowanie pewnych strat może być bardziej ekonomicznie uzasadnione niż eliminowanie szkodnika za wszelką cenę.

Negatywne skutki stosowania tradycyjnych zoocydów zadecydowały o powstaniu alternatywnych koncepcji ograniczania populacji szkodliwych stawonogów. W okresie ostatnich 20 lat powstały nowe kierunki polegające nie tyle na bezpośrednim zwalczaniu masowo występujących szkodników, co na niedopuszczeniu do ich znacznego pojawienia przez zakłócenie wzrostu i rozwoju, zakłócenie komunikacji między osobnikami, uniemożliwienie pobierania pokarmu, a także ułatwienie pasożytom i drapieżcom odnajdywanie ich ofiar. Powstało również pojęcie tzw. **pestycydów bioracyjnych**: biochemicznych, drobnoustrojowych i w postaci mikroorganizmów (Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska). Przez bioracyjny pestycyd rozumie się produkt pochodzenia naturalnego lub syntetyczny, ale identyczny z występującym w przyrodzie związkiem chemicznym.

Wprowadzono do stosowania nowe zoocydy o tzw. niekonwencjonalnych mechanizmach działania. Ze względu na sposób oddziaływania na populacje szkodliwych stawonogów można je podzielić na następujące grupy: regulatory wzrostu i rozwoju; związki wpływające na zachowanie się owadów (tzw. regulatory behawioru); preparaty biologiczne oraz makroorganizmy. Cechą charakterystyczną dla wymienionych zoocydów jest to, że nie działają one bezpośrednio na układ nerwowy, jak to ma miejsce w przypadku tradycyjnych preparatów. W związku z tym efekt ich działania jest znacznie wolniejszy i polega na przerywaniu rozwoju lub reprodukcji. Charakteryzują się wysoką selektywnością ograniczającą ujemny wpływ na biocenozę; działają tylko na określone gatunki stawonogów, są skuteczne jedynie wówczas, gdy zostały zastosowane na odpowiednie stadia rozwojowe. Stosowanie ich wymaga precyzyjnego ustalenia terminu zabiegu i jest o wiele trudniejsze niż tradycyjnych zoocydów.

Do regulatorów wzrostu i rozwoju zalicza się: (a) juwenoidy i antyjuwenoidy oraz (b) inhibitory biosyntezy chityny. Juwenoidy czyli syntetyczne analogi owadzych hormonów juwenilnych powodujące zaburzenia w metamorfozie i rozwoju owadów znalazły praktyczne zastosowanie głównie w ograniczaniu populacji owadów o znaczeniu sanitarnym. Efekt ich działania zależy od gatunku owada, jego stadium rozwojowego i wielkości dawki. Stosowane w stadium jaja powodują zaburzenia w embriogenezie i nie następuje wylęg larw. Aplikowane na ostatnim stadium larwalne wywołują zrównicowane zaburzenia procesów morfogenetycznych. Potraktowanie juwenoidami larwy na początku ostatniego stadium powoduje powstanie dodatkowych stadiów larwalnych, natomiast w drugiej połowie tego stadium – nieodwracalne zmiany, w wyniku których nie następuje

wylot owadów dorosłych, lub są one niedorozwinięte i giną. Okres wrażliwości owadów na juwenoidy jest stosunkowo krótki, co jest ich wadą.

Związki te są uważane za bezpieczne dla stałocieplnych; dotychczas nie stwierdzono ich ujemnego wpływu ani na zwierzęta wyższe, ani na rośliny; charakteryzują się szybką degradacją w środowisku. Przedstawicielem juwenoidów mającym największe praktyczne zastosowanie w higienie sanitarnej jest metopren (Altosid). Analogiem metoprenu jest wykryty w Polsce doświadczalny juwenoid pod nazwą Cyklopren. Drugim analogiem hormonów juwenilnych stosowanych w sanitariacie jest hydropren.

W ostatnich latach wykryto również fenoksy analog hormonów juwenilnych znany pod symbolem S-31183 lub MPEP. Do związków o właściwościach hormonów juwenilnych zalicza się fenoksykarb z grupy karbaminianów. Jest to jedyny związek z tej grupy, który nie działa na układ nerwowy (acetylocholinoesterazę), lecz powoduje zaburzenia metamorfozy u wielu gatunków owadów porównywalne do efektów wywoływanych przez metopren lub hydropren i wyrażających się zmianami morfologicznymi oraz ograniczeniem przeżywalności i reprodukcji. Fenoksykarb wykazuje bardzo niską toksyczność dla stałocieplnych (LD₅₀ per os dla szczura wynosi ponad 10 000 mg/kg masy ciała; LD₅₀ dermalna dla szczura – ponad 20 000 mg/kg masy ciała; LD₅₀ inhalacyjna przy 4-godzinnej ekspozycji – 480 mg/kg masy ciała).

Juwenoidy są mniej skuteczne w ograniczaniu populacji szkodników upraw polowych, głównie ze względu na nietrwałość ich połączeń w środowisku. Wykrycie fenoksykarbu stworzyło możliwości rozszerzania zakresu stosowania tego typu związków. Fenoksykarb jest stosowany w Izraelu w integrowanych programach ochrony drzew cytrusowych oraz wykazuje dobrą skuteczność w ochronie sosny *Pinus halepensis* Mill. i *Pinus brutia* Ten. przeciwko *Matsucoccus josephi* Bodenheimer and Harpaz.

Konsekwencją badań nad substancjami zaburzającymi metamorfozę owadów było wykrycie tzw. antyjuwenoidów wywołujących efekt przeciwny w stosunku do omówionych już juwenoidów. W ekstrakcie z żeniszka (*Ageratum haustonianum*) wykryto dwa związki należące do grupy ageratochromenów, nazwane prekoceniem I i prekoceniem II, które skracać rozwój owadów dają zminiaturyzowane osobniki dorosłe, niezdolne do reprodukcji. Związki te i ich analogi działają głównie na owady o rozwoju niepełnym; są toksyczne dla kręgowców i nie znalazły dotychczas szerszego praktycznego zastosowania, ale prace badawcze są nadal prowadzone.

Drugą grupą związków zaliczanych do regulatorów wzrostu i rozwoju stanowią **inhibitory biosyntezy chityny** wykryte w latach 70, a szersze zastosowanie znalazły w latach 80. Mechanizm ich działania polega na zaburzeniach w tworzeniu i odkładaniu się chityny prowadzących w efekcie do śmierci owada. Pochodne benzoylofenulomocznikowe (acylomocznikowe) charakteryzujące się wymienionym mechanizmem działania, znalazły największe praktyczne zastosowanie do ograniczania populacji szkodliwych gatunków stawonogów zarówno w higienie sanitarnej jak i w rolnictwie (uprawy pod szkłem i folią, uprawy polowe, warzywnicze, sadownicze, roślin ozdobnych) oraz leśnictwie. Mogą być stosowane do zwalczania owadów, roztoczy i nicieni w niskich dawkach na poziomie 10–180 g s.a./ha. Związki te działają głównie jako trucizny pokarmowe, nie wykazują właściwości systemicznych; są najbardziej skuteczne w przy-

padku stosowania ich na stadia, u których zachodzi biosynteza chityny. Charakteryzują się bardzo niską toksycznością dla stałocieplnych, są względnie nietoksyczne dla pszczoł, wrogów naturalnych szkodników i innej entomofauny pożytecznej oraz dla ryb. Podobny lub analogiczny mechanizm działania na owady wykazują inne grupy związków: niektóre pochodne triazynowe, niektóre fosforoorganiczne fungicydy, polyoksyny, nikkomycyny, awermektyny i inne.

Polyoksyny i mikkomycyny są to pirymidynonukleozydowe antybiotyki o złożonej budowie, wyizolowane z promieniowców glebowych *Streptomyces cacaoi* i *S. tendae*. Awermektyny – najbardziej obiecująca grupa tzw. antybiotyków rolniczych – zostały wyizolowane z promieniowców glebowych *Streptomyces avermitilis*; charakteryzują się one działaniem owadobójczym, akarobójczym i nicieniobójczym w niskich dawkach. Pod względem chemicznym są to makrocykliczne laktony, których mechanizm działania na stawonogi jest dwojaki: blokowanie syntezy chityny oraz układu nerwowego. Badania nad praktycznym wykorzystaniem tej grupy związków w ochronie roślin są zaawansowane, natomiast w higienie weterynaryjnej wdrożono preparat zawierający jako substancję aktywną iwermektynę (MK 933). Awermektyny ze względu na charakterystyczny mechanizm działania mogą być szczególnie przydatne do ograniczania liczebności szkodliwych populacji stawonogów opornych na aktualnie stosowane związki chemiczne.

Obecnie zarejestrowano w Polsce 12 preparatów z grupy inhibitorów biosyntezy chityny, których zakres stosowania obejmuje również leśnictwo. Zarejestrowane preparaty oparte są na następujących substancjach aktywnych: diflubenzuronie, chlorfluazuronie, flufenoksuronie, hexafluronie, teflubenzuronie, trufлумuronie i innych. Następną grupą zoocydów o tzw. niekonwencjonalnym mechanizmie działania, która nabiera coraz większego znaczenia w ochronie roślin stanowią związki wpływające na zachowanie się stawonogów (regulatory behawioru). Wyróżnia się tu: feromony i kairomony, deterenty (antyfidanty) oraz atraktanty. Największe nadzieje wiąże się z feromonami, które mogą znaleźć wielostronne zastosowanie. Możliwe są następujące sposoby wykorzystania feromonów" (a) do sygnalizacji i rejestracji pojawiania się (monitoringu) szkodników, co pozwala na precyzyjne ustalenie terminu zabiegu i racjonalne stosowanie zoocydów; (b) do zwabiania szkodników na określone przestrzenie np. brzeg pola, a następnie likwidowanie ich za pomocą klasycznych zoocydów lub patogenów; (c) odławianie szkodników do odpowiednich pułapek feromonowych i obniżenie liczebności samców (lub samic) w populacji i (d) do zakłócania procesu kojarzenia się osobników odmiennej płci (dezorientacji seksualnej) przez opryskiwanie zainfekowanej plantacji odpowiednim feromonem.

Ze względu na pełnione funkcje wyróżnia się feromony: płciowe, agregacyjne (kolonizacyjne), alarmowe, znacznikowe, dystrybucyjne, kontrolujące rozwój i afrodyzjaki. Najszersze zastosowanie w ochronie roślin znalazły feromony płciowe i agregacyjne. Feromony płciowe wydzielają dojrzałe samice (samce tylko następujących gatunków: korników, jedwabników, muszek owocowych) celem przywabienia samców. Feromony agregacyjne (kolonizacyjne) powodują gromadzenie się osobników jednej lub obu płci danego gatunku lub pokrewnych gatunków. Obecnie znanych jest ponad 800 feromonów owadzich (głównie rzędy: *Lepidoptera*, *Diptera*, *Coleoptera*, *Hymenoptera*, *Dictyoptera*)

z tego wykorzystywanych jest kilkadziesiąt w różnym zakresie w ochronie roślin. Przykładem stosowania feromonów płciowych do sygnalizacji występowania szkodników jest feromon owocówki jabłkowieczki (*Carpocapsa pomonella* L.). Stosowanie pułapek z tym feromonem w wielu krajach pozwala na zmniejszenie liczby opryskiwań z 6 do 2 przy małym nasileniu szkodnika oraz do 4 – przy dużym nasileniu szkodnika. Stosowany jest również z powodzeniem feromon pachówki strąkowieczki (*Laspeyresia nigricana* Steph.) i brudnicy nieparki (*Lymantria dispar* L.). Szczególnie dobre wyniki umożliwiające w znacznym stopniu ograniczanie zwalczania chemicznego uzyskuje się stosując pułapki z feromonem mkliką mącznego (*Ephestia Kühniella* Zell.). Feromony agregacyjne (*Chalcoprax*, *Linoprax*, *Pheroprax*, *Trypodor*) są zarejestrowane w Polsce do ograniczania populacji kornikowatych (*Ipidae*). Wymienione feromony są zaliczane do związków praktycznie nieszkodliwych dla stałocieplnych. W Polsce opracowano również syntezę feromonu muchy domowej (*Musca domestica* L.) i zarejestrowano preparat do ograniczania populacji much – Musca-trap.

Antyfidanty i atraktanty głównie pochodzenia naturalnego należą do grupy perspektywicznych zoocydów. Wiele roślin, zwłaszcza tropikalnych, zawiera w swym składzie związki o właściwościach antyfidantów (deterentów) pokarmowych. Jedną z bardziej znanych roślin której wyciągi mają działanie antyfidantne, jest miódla indyjska (*Azadirachta indica* A. Juss). Głównym komponentem tych wyciągów jest azadyrachtyna, która hamuje żerowanie wielu szkodników. Atraktanty mogą być natomiast wykorzystywane nie tylko do wabienia szkodników w celu ich zwalczania, ale również entomofagów. W ostatnich latach zwraca się większą uwagę na możliwość wykorzystywania związków typu antyfidantów i atraktantów do ograniczania populacji szkodliwych stawonogów.

Niepowodzenia metody chemicznej w ograniczaniu liczebności niektórych szkodliwych gatunków stawonogów spowodowały szersze zainteresowanie się walką biologiczną za pomocą preparatów opartych na bakteriach, grzybach i wirusach. Preparaty oparte na bakteriach *Bacillus thuringiensis* (Berliner) są stosowane na coraz szerszą skalę, zwłaszcza że w ostatnich latach wykryto nowe bardziej aktywne szczepy. Nowy szczep nazywany NRD-12 ze względu na szersze spektrum działania i wyższą aktywność owadobójczą może zastąpić stosowany dotychczas w preparatach typu Dipel szczep HD-1. Obecnie dopuszcza się również możliwość wprowadzenia do stosowania preparatów zawierających szczepy *B. thuringiensis* Berliner, produkujące oprócz deltaendotoksyny również beta-egzotoksynę, która dotychczas nie była dopuszczona do obrotu ze względu na jej toksyczność dla ssaków i ptaków. Wykryto także synergistyczne współdziałanie deltaendotoksyny i beta-egzotoksyny w stosunku do niektórych gatunków motyli wyrażające się wzrostem śmiertelności przy takiej samej dawce oraz krótszym czasem zamierania w porównaniu do pojedynczych składników. Wyizolowano również dwa nowe szczepy *B. thuringiensis* działające na *Coleoptera*, szczególnie stonkę ziemniaczaną (*Leptinotarsa decemlineata* Say).

Z innych czynników biologicznego zwalczania wprowadzonych w niektórych krajach (ZSRR, Chiny) należy wymienić entomopatogenne grzyby *Beauveria bassiana* Bals. skutecznie zwalczające m.in. stonkę ziemniaczaną. Inny grzyb owadobójczy *Metarrhizium anisopliae* Metsch. jest stosowany w Brazylii do ograniczania równoskrzydłych (*Cercopidae*), a przeciw mszycom (*Aphididae*) i mączlikowi szklarniowemu (*Trialeu-*

rodes vaporariorum Westw.) grzyb *Verticillium lecanii* Zimm. Z wirusów owadobójczych wykorzystywany jest do ograniczania liczebności niektórych gatunków motyli wirus nuklearnej poliedrozy oraz granulozy (*Baculovirus* sp.).

Obecnie wiele gatunków szkodliwych stawonogów, zwłaszcza w uprawach szklarniowych, może być ograniczana za pomocą ich wrogów naturalnych – pasożytów i drapieżców. Przykładem może być stosowanie drapieżnego roztocza *Phytoseiulus persimilis* A.H. do ograniczania przędziorków (*Tetranychidae*) oraz błonkówki *Encarsia formosa* Gah. przeciw mączlikowi szklarniowemu (*T. vaporariorum*). Pasożytnicze nicienie występujące w glebie – *Steinernema* (*Steinernematidae*) i *Heterorabditis* (*Heterorhabditiidae*) okazały się skuteczne przeciw wielu szkodnikom owadzim. Około 250 gatunków owadów z 10 rzędów było wrażliwych na nicienie *Steinernema feltiae* (Filipjev). W wielu przypadkach skuteczność działania wymienionych nicieni sięgała ponad 90%.

Reasumując, można stwierdzić, że obecnie praktyka rolnicza ma do dyspozycji znaczny asortyment środków o tzw. niekonwencjonalnych mechanizmach działania, których udział w ochronie roślin będzie wzrastał. Wiąże się to z koniecznością ograniczania jednokierunkowego nacisku selekcyjnego klasycznych zoocydów działających na układ nerwowy. Wprowadzenie do stosowania zoocydów o niekonwencjonalnych mechanizmach działania stanowi istotny element opóźniający powstawanie oporności u szkodliwych gatunków stawonogów.

Artykuł wpłynął do Komitetu Redakcyjnego w grudniu 1990 r.