

HENRYK MALINOWSKI

Kierunki rozwoju metod, środków i strategii ochrony roślin w świecie i w Polsce z uwzględnieniem ochrony lasu*

Directions of plant protection methods, means and strategies development in the world and in Poland with regard to forest protection

ABSTRACT

Malinowski H. 2005. Kierunki rozwoju metod, środków i strategii ochrony roślin w świecie i w Polsce z uwzględnieniem ochrony lasu. Sylwan 9: 34-43.

Development directions of plant protection methods (mechanical, chemical, biological, genetical etc.) as well as means and strategies (routine, rational, biological, integrated and biotechnological) with regard to forest protection are presented in this paper.

KEY WORDS

plant protection methods, synthetic pesticides, biopesticides, plant protection strategies, forest protection strategies

ADDRESSES

Henryk Malinowski - Zakład Ochrony Lasu; Instytut Badawczy Leśnictwa;
ul. Bitwy Warszawskiej 1920 r. Nr 3; 02-362 Warszawa; e-mail: H.Malinowski@ibles.waw.pl

Wprowadzenie

Rozwój ochrony roślin jest związany z koniecznością zaspokojenia potrzeb życiowych, zwłaszcza żywności, ciągle wzrastającej liczby ludności na kuli ziemskiej: w 1850 r. liczba ludności na świecie wynosiła około 1 miliarda, w 1999 r. – około 6 miliardów, a przewiduje się, że w 2025 r. liczba ludności będzie wynosiła 8 miliardów. Uważa się [Kern 2000], że szkodliwe organizmy niszczą w skali światowej około 50% powierzchni upraw, szczególnie takich gatunków roślin uprawnych, jak ryż, pszenica, jęczmień, ziemniaki, soja, bawełna i kawa. Szacuje się, że straty w okresie wegetacji (przed zbiorem plonów), spowodowane przez poszczególne szkodliwe organizmy, wynoszą: owady – 15%, patogeny – 13%, chwasty – 14%; straty po zbiorze plonów wynoszą około 10%. Na przykład w leśnictwie szkody wyrządzane przez szkodliwe owady polegają na wypadaniu upraw, obniżeniu przyrostu drzew, deprecjacji surowca drzewnego oraz na wydzielaniu się posuszu. Straty z tego tytułu są duże i trudne do oszacowania.

W związku z tym, że przewiduje się znaczący wzrost populacji ludzkiej, a niedożywienie jest ciągle problemem w krajach rozwijających się (wg FAO głoduje około 1 miliarda ludzi, w tym większość stanowią dzieci), wyeliminowanie lub zredukowanie czynników ograniczających produkcję środków konsumpcyjnych, zwłaszcza żywności, jest sprawą nadal aktualną. Chociaż biorąc pod uwagę całą produkcję światową, szacuje się [Kern 2000], że obecnie produkuje się o 0,26% więcej żywności niż jest spożywane. Nie oznacza to oczywiście, że problem

* Referat wygłoszony na XXXI sympozjum naukowym pt. „Kierunki działań, strategie i programy zmierzające do ograniczenia stosowania środków owadobójczych w lasach”, zorganizowanym w dniach 4-7 października 2004 r. w Grudziądzu-Rudniku przez Komisję Zasobów Leśnych PTL, IBL i Regionalną Dyрекcję LP w Toruniu

głodu został rozwiązany. W różnych częściach świata występują bowiem ogromne dysproporcje w produkcji żywności oraz jej dystrybucji.

Ochrona roślin obejmuje takie działy, jak entomologię stosowaną (ochrona przed szkodliwymi owadami), fitopatologię stosowaną (ochrona przed chorobami powodowanymi przez grzyby patogeniczne) i herbologię stosowaną (ochrona przed chwastami).

W pracy omówione zostaną kierunki rozwoju metod, środków i strategii ochrony roślin, głównie na przykładzie ochrony roślin rolniczych i ogrodniczych, gdyż w tych dziedzinach jest ona najszerszej realizowana i opisana [m.in. Pruszyński 1997; Olszak i in. 2000]. Na tym tle zostanie zaprezentowana ochrona lasu.

Rozwój metod ochrony roślin

Od dawna próbowano redukować populacje szkodliwych organizmów niszczących produkcję rolniczą. Już na przełomie XIX i XX wieku wyróżniano następujące metody ochrony roślin: mechaniczną, fizyczną, agrotechniczną, chemiczną, biologiczną i genetyczną.

Metody te są znane i stosowane do chwili obecnej. W miarę rozwoju wiedzy, zmieniały się tylko techniki i materiały oraz sposoby ich realizacji. Zmieniała się również ważność poszczególnych metod w danym okresie. W pracy zostaną omówione trzy ostatnie metody ze względu na duże zmiany w podejściu do ich realizacji, lub ze względu na to, że dają one nowe możliwości zwalczania szkodliwych organizmów.

Metodę chemiczną zaczęto stosować już w XVIII wieku [Metcalf 1971]. W 1796 r. po raz pierwszy użyto środka chemicznego w postaci naparu z tytoniu (zawierającego nikotynę) do zwalczania mszyc (*Aphidoidea*). W 1865 r. zastosowano tzw. zieleń paryską (związki arsenu) przeciwko stonce ziemniaczanej (*Leptinotarsa decemlineata* Say), a od 1882 r. aplikowano tzw. ciecz bordoską (mieszanka wapna palonego z siarczanem miedzi) przeciwko mączniakowi rzekomemu. W 1892 r. wprowadzono do użytku dwunitrokrezolany – pierwszy syntetyczny insektycyd organiczny.

Intensywniejszy rozwój metody chemicznej datuje się od połowy lat trzydziestych XX wieku. Początkowo w wielu krajach rozwijała się na małą skalę przemysłowa produkcja środków ochrony roślin na bazie związków nieorganicznych. Przełom nastąpił w latach czterdziestych, z chwilą wykrycia właściwości owadobójczych DDT – insektycydu stosowanego powszechnie od 1946 r. do lat siedemdziesiątych XX wieku oraz 2,4-D – herbicydu używanego do dzisiaj.

Na przełomie lat czterdziestych i pięćdziesiątych XX wieku nastąpił szybki rozwój wszystkich grup pestycydów i powszechne ich stosowanie w praktyce. Wprowadzono sukcesywnie do praktyki rolniczej i leśnej coraz bardziej bezpieczne dla środowiska insektycydy [Malinowski 2003] oraz środki przeciw patogenom grzybowym i chwastom. Wiele z tych środków jest stosowanych do chwili obecnej.

Zastosowanie w ochronie roślin środków chemicznych, łatwiejszych w użyciu i dających stosunkowo szybki efekt ochronny, spowodowało zmniejszenie zainteresowania innymi metodami zwalczania szkodliwych organizmów. Metoda chemiczna stała się podstawową, szeroko stosowaną metodą ochrony roślin, gdyż wydawało się, że jest ona dobrym i skutecznym rozwiązaniem wszystkich problemów. Do powszechnego używania chemicznych środków ochrony roślin przyczynił się także rozwój produkcji prostych i względnie tanich urządzeń do ich aplikacji.

Szybko okazało się, że powszechne i nadmierne stosowanie środków chemicznych wywołuje – obok efektów pozytywnych – wiele negatywnych skutków dla człowieka i środowiska. Zwrócono więc uwagę na metodę biologiczną, czyli na stosowanie środków ochrony roślin opartych na żywych organizmach – wrogach naturalnych szkodliwych owadów, grzybów patogenicznych i chwastów, czyli na tzw. biopestycydy. Metoda biologiczna wywoływała duże

zainteresowanie w ciągu pierwszych trzech dekad XX wieku. Jednak z ekonomicznego punktu widzenia skuteczność tej metody była zbyt mała i nie upowszechniono jej stosowania. Zyskała ona ponowne zainteresowanie w latach sześćdziesiątych, a na większą skalę jest wykorzystywana od lat osiemdziesiątych XX wieku. Największe zastosowanie znalazły środki oparte na toksynach produkowanych przez bakterię *Bacillus thuringiensis* (Berliner), szczególnie w leśnictwie, gdzie zużywa się około 70% światowej produkcji tych bioinsektycydów.

Rozwój biotechnologii, zwłaszcza inżynierii genetycznej, w ostatnich dwudziestu latach minionego wieku pozwolił na opracowanie technik klonowania genów toksycznych dla owadów białek wytwarzanych przez bakterię *Bacillus thuringiensis* Berliner i ich ekspresji w mikroorganizmach związanych z rośliną oraz roślinach transgenicznych. Obecnie jest możliwe wydzielenie genu odpowiedzialnego np. za odporność na szkodniki, a następnie przeniesienie go do innego organizmu roślinnego lub zwierzęcego, w którym będzie pełnił tę samą funkcję. W ten sposób powstały np. transgeniczne rośliny, odporne na szkodniki. Zwiększono również aktywność owadobójczą niektórych preparatów bakteryjnych, zawierających toksyny kodowane przez geny pochodzące od różnych szczepów bakterii i specyficznie działające na różne gatunki owadów.

Rozwój środków ochrony roślin

W ciągu ostatniego pięćdziesięciolecia nastąpiły daleko idące zmiany w asortymencie używanych środków ochrony roślin we wszystkich dziedzinach ich zastosowań, w tym także w ochronie lasu. W ochronie lasu w Polsce nastąpiła istotna zmiana asortymentu insektycydów, aplikowanych techniką samolotową. Wycofano z użycia przeciwko foliofagom insektycydy z grupy węglowodorów chlorowanych (DDT, metoksychlor, lindan), fosforoorganicznych i karbaminianów. Wprowadzono natomiast bezpieczniejsze dla środowiska insektycydy kontaktowe z grupy pyretroidów i insektycydy o działaniu żołądkowym z grupy acylomocznikowych i hydroidów oraz biopreparaty *Bacillus thuringiensis*. W świecie, w ochronie lasu przed foliofagami stosuje się głównie biopreparaty *Bacillus thuringiensis* oraz na małą skalę te same insektycydy, które stosuje się w Polsce.

Zmianie uległy formy użytkowe (formulacje) stosowanych środków ochrony roślin. Wycofano ze stosowania pyliste formy użytkowe pestycydów, najbardziej niekorzystne dla środowiska ze względu na możliwość przemieszczania się na duże odległości. W uprawach roślin rolniczych i ogrodniczych stosuje się obecnie w miarę bezpieczne formulacje środków ochrony roślin w postaci koncentratów do sporządzania emulsji wodnej oraz koncentratów w postaci stężonej zawiesiny; wprowadza się również bezpieczniejsze formulacje pestycydów w postaci mikrogranul lub kapsulek do zawieszania lub rozpuszczania w wodzie, a jako rozpuszczalnik stosuje się coraz częściej wodę, co wyklucza ewentualny wpływ rozpuszczalników organicznych na skuteczność.

W leśnictwie w świecie i w Polsce stosuje się insektycydy w postaci koncentratów do sporządzania emulsji wodnej lub w postaci stężonej zawiesiny, z dodatkiem środka pomocniczego i niewielkiej ilości wody, w łącznej dawce cieczy użytkowej około 2,5 l/ha. Podobnie stosuje się biopreparaty *B. thuringiensis* z tym, że łączna dawka cieczy użytkowej może wynosić 2-4 l/ha.

Zmianie uległa również technika aplikacji pestycydów. Obecnie w świecie stosuje się nowoczesne, precyzyjne opryskiwacze, zużywające małą ilość cieczy użytkowej/ha, nie powodujące przemieszczania się środka na powierzchnie nie przeznaczone do zabiegu, coraz częściej wykorzystujące elektronikę. Jako przykład można podać opryskiwacze tunelowe, kolektorowe, reflektorowe, czy sensorowe [Hołowicki 1999; Olszak i in. 2000]. Wprowadza się

również aparaturę opryskującą nanoszącą na rośliny ciecz użytkową na zasadzie przyciągania różnoimiennych ładunków elektrycznych. W świecie i w Polsce, w ochronie lasu stosuje się montowane na samolotach i śmigłowcach nowoczesne urządzenia rozpylające, tzw. atomizery z napędem mechanicznym (AU 5000) lub elektrycznym (AR.470.04), dające krople o średnicy około 100 mikrometrów, pozwalające na wydatek cieczy do opryskiwania na poziomie 2-4 l/ha.

Rozwój strategii ochrony roślin

Przez strategię rozumie się długofalowe działania przy użyciu odpowiednich taktyk (metod), mające na celu ochronę danej rośliny (uprawy) przed czynnikami szkodliwymi. Można wyróżnić pięć klas strategii ochrony roślin: rutynową, racjonalną, biologiczną, integrowaną i biotechnologiczną, przy czym pierwsze cztery klasy podano według Taita [1987].

RUTYNOWA OCHRONA ROŚLIN. Początkowo użycie środków chemicznych było często rutynowe. Stosowano je według przyjętego schematu, niekiedy profilaktycznie. Uważano bowiem, że pestycydy rozwiążą wszystkie problemy związane z ochroną roślin. Najpierw były to środki o bardzo szerokim zakresie działania, które w rolnictwie stosowano według faz fenologicznych, gdyż nie zdawano sobie sprawy ze skutków ekologicznych, jakie powstają w wyniku nadmiernego i niewłaściwego ich wykorzystywania. Następnie wprowadzono do stosowania inne grupy pestycydów.

W leśnictwie polskim stosowanie środków chemicznych było bardziej racjonalne, gdyż już od 1956 r. opracowywano coroczną prognozę występowania szkodliwych owadów leśnych i chorób infekcyjnych i wykonywano tzw. zabiegi ratownicze środkami chemicznymi tylko na tych powierzchniach, które były zagrożone.

W niedługim czasie okazało się, że nadmierne i niewłaściwe stosowanie pestycydów powoduje szereg ujemnych skutków dla środowiska i zwierząt stałocieplnych, w tym człowieka. Pierwszym opracowaniem, które traktowało o ujemnych skutkach niewłaściwego stosowania pestycydów była książka R. Carlson pt. „Milcząca wiosna” (ang. *Silent spring*), wydana w 1962 r., drugim – książka R. L. Rudd pt. „Pestycydy i żywy krajobraz” (ang. *Pesticides and the living landscape*), wydana w 1964 r. Uświadomienie negatywnych skutków stosowania pestycydów dało impuls do opracowania bardziej bezpiecznych środków i strategii ochrony roślin.

RACJONALNA OCHRONA ROŚLIN. Kolejnym etapem w rozwoju ochrony roślin jest strategia zwalczania racjonalnego, w którym pestycydy są stosowane tylko wtedy, gdy jest to usprawiedliwione naukowymi, technicznymi i ekonomicznymi względami. Stosowanie pestycydów nie wyznaczają już fazy fenologiczne rozwoju roślin, ale liczebność szkodliwych organizmów, co wymagało monitorowania ich występowania oraz określenia tzw. progów zagrożenia (szkodliwości). Strategia ta jest do chwili obecnej najpowszechniej stosowana zarówno w rolnictwie, ogrodnictwie, jak i w leśnictwie.

Rozwinięciem strategii zwalczania racjonalnego jest strategia zwalczania precyzyjnego, polegająca na stosowaniu globalnego systemu lokalizacji (ang. *global positioning system; GPS*), który początkowo służył tylko do celów wojskowych, a następnie był adaptowany w nawigacji lotniczej i morskiej [Lipa 1998]. Do celów rolniczych opracowano zróżnicowany globalny system lokalizacji (DGPS), który pozwala zlokalizować, odróżnić i scharakteryzować dwa punkty na powierzchni ziemi, znajdujące się w odległości 5 metrów od siebie [Czajkowski 1996; Lipa 1997]. Wymieniony system może służyć do precyzyjnego określenia miejsc występowania szkodliwego organizmu, a następnie do wykonania zabiegu odpowiednim środkiem tylko tam, gdzie jest to konieczne, a pominięcie obszarów wolnych od infekcji lub o nieznacznym jej

nasileniu. Jest to możliwe tylko wtedy, gdy urządzenie opryskujące jest wyposażone w komputerowy panel sterowania, oparty na systemie DGPS oraz czytnik map informujących o miejscach występowania szkodliwych organizmów. Punktowe lub placowe wykonywanie zabiegów ochrony roślin pozwala na istotne zmniejszenie zużycia pestycydów, co wiąże się z obniżeniem kosztów zabiegów i jest niezwykle korzystne dla środowiska. System ten jest już wykorzystywany w określaniu powierzchni występowania szkodliwych owadów leśnych i ich zwalczania.

BIOLOGICZNA OCHRONA ROŚLIN. Strategia ta przewiduje oparcie całej ochrony roślin wyłącznie na metodzie biologicznej. Zakazane jest stosowanie syntetycznych pestycydów. Jest ona stosowana na małą skalę w tzw. rolnictwie organicznym (ekologicznym). W wielu krajach (np. Kanada, USA) strategia ta jest wykorzystywana w dużym stopniu w ochronie lasu przed owadami. Również w Polsce stosuje się insektycydy biologiczne w ochronie lasu przed szkodliwymi owadami z rzędu motyli. Jednak nie wszystkie gatunki szkodliwych owadów mogą być zwalczane metodą biologiczną i w związku z tym jest ona obecnie stosowana na niedużą skalę.

INTEGROWANA OCHRONA ROŚLIN. Koncepcja integrowanej ochrony roślin pojawiła się już pod koniec lat pięćdziesiątych XX wieku [Stern i in. 1959], ale jako naukowa teoria została uznana dopiero na kongresie entomologicznym w Tokio w 1976 r. [Metcalf 1980; Lipa 1984]. Początkowo termin „integrowanie” oznaczał łączenie metody chemicznej i biologicznej w taki sposób, by nie niszczyć wrogów naturalnych szkodników. Następnie rozwinęto teoretyczne podstawy integrowania metod ochrony roślin nie tylko przed szkodliwymi owadami, ale także przed sprawcami chorób grzybowych i chwastami w jednolity system tworząc integrowane programy poszczególnych upraw, czy gatunków roślin. Od lat osiemdziesiątych XX wieku koncepcja ta jest realizowana w różnym zakresie w rolnictwie, ogrodnictwie i leśnictwie.

Koncepcja proponuje łączne wykorzystanie wszystkich sposobów i metod ochrony roślin, jak odpowiedniej agrotechniki, odpornych odmian, wrogów naturalnych oraz biologicznych i innych metod w celu skutecznego, bezpiecznego i opłacalnego obniżenia nasilenia szkodliwego organizmu poniżej progu ekonomicznej szkodliwości. Rozwinięciem koncepcji integrowania metod ochrony roślin jest integrowane sterowanie (zarządzanie) populacjami szkodliwych organizmów (ang. Integrated Pest Management – IPM). W wymienionym systemie preferuje się insektycydy biologiczne, biotechniczne, a także substancje wpływające na zachowanie się owadów, tzw. regulatory behawioru, np. feromony, kairomony. Wymienione środki odgrywają w programach integrowanej ochrony tylko drugorzędną rolę, natomiast główny nacisk kładzie się na działania profilaktyczne.

W świecie i w Polsce ochronę roślin przed czynnikami szkodliwymi realizuje się w ramach omawianej strategii integracji metod. Najbardziej zaawansowane jest wdrażanie tej strategii w ogrodnictwie i rolnictwie. W praktyce leśnej w Polsce, działania profilaktyczne wzmagające trwałość lasu uwzględniają zalecenia z zakresu hodowli, użytkowania i ochrony oraz urzędniowe planowanie gospodarcze i zasady rachunku ekonomicznego.

Do pełnej integracji metod dochodzi się stopniowo, w zależności m.in. od zasobności ekonomicznej. Należy dodać, że strategia integrowanej ochrony roślin realizuje oczekiwania społeczeństw wobec nowoczesnej ochrony roślin oraz ochrony środowiska i ma charakter globalny. Przewiduje się, że stosowanie omawianego systemu istotnie ograniczy zużycie środków chemicznych. W USA wzrastający udział integrowanego systemu kontroli owadów w głównych uprawach, jak bawełna, sorgo, orzeszki ziemne, spowodował, że między latami 1977-1982 nastąpiło zmniejszenie stosowania insektycydów w wymienionych uprawach do 56-93% [Adkisson 1986].

BIOTECHNOLOGICZNA OCHRONA ROŚLIN. Biotechnologiczna ochrona roślin polega na wykorzystaniu genetycznie zmodyfikowanych wrogów naturalnych szkodliwych owadów (bakterie, bakulowirusy, entomopatogenne grzyby i nicienie, entomofagi) i roślin transgenicznych, odpornych na owady. Jest to stosunkowo nowy, dynamicznie rozwijający się kierunek czy strategia ochrony roślin. Organizmom tym wprowadza się dodatkowe geny, pochodzące np. od bakterii *Bacillus thuringiensis*, odpowiedzialne za produkcję owadobójczych toksyn białkowych. W przypadku wrogów naturalnych szkodliwych owadów ma to m.in. na celu rozszerzenie zakresu ich aktywności lub zwiększenia szybkości działania, lub wytworzenie odporności np. na stosowane fungicydy. Transgeniczne rośliny natomiast wytwarzając owadobójcze białko wewnątrz własnych komórek nie wymagają ochrony przed owadami. Możliwości stosowania organizmów genetycznie zmodyfikowanych w ochronie roślin przed owadami, w tym w ochronie lasu opisano już w „Sylwaniu” [Malinowski 2001].

Wprowadzono do stosowania preparaty bakteryjne o rozszerzonym zakresie działania, uzyskane technikami nierekombinacyjnymi, takie jak Condor – zawierający białka toksycznie działające wobec wyłogówki *Choristoneura fumiferana* i brudnicy nieparki, Ecotech będący transkoniugantem *B. thuringiensis aizawai* × *B. thuringiensis kurstaki* i Foil – aktywny wobec gąsienic motyli i larw chrząszczy. Wprowadzono również do stosowania bioinsektycydy o zwiększonej trwałości działania, otrzymane z wykorzystaniem technologii rekombinacji DNA, jak M-Trak – przeciwko larwom chrząszczy, MVP – przeciwko gąsienicom motyli i M-Peril – przeciwko omacnicy prosowiance. Udało się otrzymać biotyp grzyba owadobójczego *Metarhizum anisopliae*, odpornego na benomyl – składnik aktywny wielu stosowanych obecnie fungicydów. Wyhodowano również transgeniczny entomofag – drapieżne roztocze *Metaseiulus occidentalis*, odporne na insektycydy fosforoorganiczne. Stosuje się na skalę gospodarczą odporne na szkodniki i herbicydy transgeniczne rośliny rolnicze, jak np. ziemniak, soja, kukurydza oraz drzewa owocowe. Pierwszą transgeniczną rośliną drzewiastą, odporną na szkodniki była topola.

Efekt wprowadzenia do drzew leśnych genów odporności na szkodniki jest trudny do przewidzenia i zbadania ze względu na długowieczność i złożoność ekosystemów leśnych. Z dostępnych informacji wynika jednak, że badania takie trwają, np. w USA prowadzi się próby wyhodowania drzew odpornych na brudnicę nieparkę, a w Chile – drzew odpornych na zwójkę sosnoweczkę.

Wprowadzenie genów odporności na szkodniki do roślin drzewiastych może być celowe i obciążone mniejszym ryzykiem w następujących przypadkach: w plantacyjnej uprawie drzew szybko rosnących, w uprawie drzew i krzewów ozdobnych, w ochronie upraw przed szkodnikami żerującymi na korzeniach oraz w ochronie plantacji nasiennych.

Zakończenie

Ochrona roślin przed czynnikami szkodliwymi pełni służebną rolę w gospodarce, a kierunki jej rozwoju zależą od kierunków rozwoju gospodarczego. Obowiązujący do lat osiemdziesiątych XX wieku dziewiętnastowieczny proużytkowy model gospodarczy wynikał z konieczności zaspokojenia potrzeb życiowych wzrastającej liczby ludności. W modelu tym cele produkcyjne przeważały nad ekologicznymi. W rolnictwie wzrost produkcji osiągnięto dzięki wzrostowi nawożenia, wprowadzenia bardziej plennych odmian, mechanizacji oraz stosowaniu środków chemicznych na znaczną skalę. Wprowadzanie znacznych ilości trujących substancji chemicznych do środowiska powodowało w niektórych przypadkach trwałe jego skażenie. Do chwili obecnej np. wiele gleb i rzek w różnych częściach świata jest skażonych DDT. W leśnictwie stosowanie schematów i uproszczeń spowodowało wiele niekorzystnych zmian,

m.in. w składzie gatunkowym (monokultury), strukturze drzewostanów i stosunkach siedliskowych. Wiele danych wskazuje, że stosowanie insektycydów przyczyniło się do częstszego występowania gradacji niektórych gatunków owadów leśnych. W skali światowej proużytkowa gospodarka powodowała niszczenie środowiska przyrodniczego i wylesianie, a spalanie i emisja gazów cieplarnianych – zmianę klimatu.

W związku z tym wypracowano koncepcję proekologicznego rozwoju gospodarczego, określanego następnie trwale zrównoważonym rozwojem, który zaspokajając obecne potrzeby nie zagraża następnym pokoleniom. Oznacza to prowadzenie działalności gospodarczej w harmonii z przyrodą w sposób nie powodujący nieodwracalnych zmian. Zrównoważony rozwój leśnictwa promuje wielofunkcyjną gospodarkę leśną, która w sposób trwały uwzględnia potrzeby przyszłych pokoleń. Jednocześnie przyjęto konwencję o różnorodności biologicznej, która stanowi ważny krok na drodze zachowania zasobów genowych świata. Bioróżnorodność stanowi bowiem rezerwar, gdzie każdy gatunek przechowuje odpowiednią liczbę informacji genetycznych, które należy poznać aby zrozumieć ewolucję i ekologię istot żywych [Metcalf 1996]. Informacje te są niezbędne do rozwoju biotechnologii i opracowania nowoczesnych strategii kontroli owadów.

Zrównoważona gospodarka leśna wymaga nowego podejścia do zagadnień ochrony przed czynnikami szkodliwymi, w tym przed szkodliwymi owadami. Las jest bowiem uważany obecnie za biogeocenozę złożoną z ekosystemów, a nie jako zespół drzewostanów. W związku z tym stosowanie środków ochrony musi uwzględniać nie tylko ich działanie na szkodliwe organizmy, ale również na inne elementy ekosystemów. Przy wykonywaniu zabiegów należy brać pod uwagę zachowanie bioróżnorodności.

W skali światowej, nadmierne i niewłaściwe stosowanie pestycydów (głównie w ochronie roślin rolniczych i ogrodniczych) powoduje wiele zagrożeń dla środowiska i zdrowia człowieka, jak: skażenie pozostałościami pestycydów wody i gleby, szkodliwość związana z chroniczną toksycznością niektórych pestycydów, ich mutagennym efektem i długoterminowym wpływem na system nerwowy i immunologiczny zwierząt [Culliney i in. 1992; Wysoki 1996]. W wielu krajach, w trosce o zdrowie ludzkie i ochronę środowiska, nie tylko wycofano ze stosowania najbardziej toksyczne pestycydy, ale postanowiono ograniczyć ich liczbę o 50% lub więcej przez wprowadzenie tzw. procedury ponownej rejestracji. W Europie takimi krajami wiodącymi są: Szwecja, Dania i Holandia. Również w USA postanowiono zredukować liczbę stosowanych pestycydów w wybranych ekosystemach i opracować alternatywne metody [Matteson 1995].

Ograniczenie liczby stosowanych pestycydów wynika m.in. z wysokich kosztów ich rejestracji. W USA np. koszt rejestracji środka chemicznego może sięgać 130 mln dolarów, a koszt rejestracji miejscowego wroga naturalnego szkodliwego organizmu – około 0,5 mln dolarów [Lynch, Feeley 1992; Lipa 1997a]. Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej spowodowało, że obecnie liczba substancji aktywnych, na których oparte są formy użytkowe pestycydów musi ulec zredukowaniu (dotychczas było ich kilkaset).

W referacie plenarnym, prezentowanym na kongresie entomologicznym we Florencji, Wysoki [1996] przytacza 14 następujących przyczyn poszukiwania alternatywnych w stosunku do pestycydów metod ochrony roślin: 1) pozostałości niektórych pestycydów występują w produktach rolniczych, 2) wysokie koszty chemicznej ochrony, 3) brak selektywności wielu pestycydów, 4) rozwój odporności u traktowanych gatunków, 5) ujemny wpływ na organizmy pożyteczne, 6) pojawienie się nowych gatunków szkodliwych organizmów, 7) wysokie koszty uzyskania nowych substancji aktywnych i trudności z ich zarejestrowaniem, 8) zagrożenia występujące w czasie produkcji, transportu i aplikacji pestycydów, 9) ujemny wpływ na środowisko,

10) wysoka cena produktów uzyskanych bez stosowania pestycydów, 11) rozległa wiedza o pestycydach i wysoka świadomość społeczna dotycząca problemów związanych z ich stosowaniem, 12) antypestycydowe ustawodawstwo, 13) presja polityczna (ruchy ekologiczne), 14) czynnik psychologiczny.

Problemy związane ze stosowaniem pestycydów (insektycydów) były siłą napędową zmian metod i strategii zwalczania szkodliwych organizmów oraz wprowadzenia zwalczania biologicznego i integrowanego, które następnie przekształciło się w integrowane sterowanie (zarządzanie) populacjami szkodliwych organizmów (ang. IPM). Wprowadzono także do uprawy rośliny transgeniczne odporne na owady i inne przyjazne dla środowiska metody, które są jednocześnie korzystne z ekonomicznego punktu widzenia. Spośród wymienionych metod i strategii za najważniejsze uważa się zwalczanie biologiczne i integrowane sterowanie populacjami szkodliwych organizmów. Jednakże metody te rozwiązywały dotychczas tylko około 5% wszystkich problemów związanych z ochroną roślin [Wysoki 1996]. Przewiduje się, że udział tych metod znacząco wzrośnie, gdyż świadomość stosowania bezpiecznej dla środowiska ochrony roślin jest coraz bardziej powszechna.

Uważa się [Wysoki 1996], że w XXI wieku zwalczanie chemiczne szkodliwych organizmów zostanie zredukowane, a w niektórych przypadkach całkowicie wyeliminowane w wyniku rozszerzenia stosowania w integrowanych programach takich środków, jak: insektycydy bakteryjne, preparaty wirusowe, preparaty zawierające nicienie owadobójcze, preparaty zawierające grzyby owadobójcze, pestycydy pochodzenia naturalnego (antybiotyki i produkty fermentacji), pestycydy botaniczne (pochodzenia roślinnego), regulatory wzrostu owadów, analogi hormonów juvenilnych, semiozwiązki (głównie feromony) oraz genetycznie zmodyfikowane organizmy (głównie bakterie, bakulowirusy, transgeniczne rośliny).

W okresie ostatniego pięćdziesięciolecia ochrona roślin cechowała się niezwykłym rozwojem i przeszła proces ewolucji zmieniając swe założenia: od bezkrytycznego, masowego stosowania wysoce toksycznych pestycydów do skomplikowanych, opartych na wiedzy, programów integrowanych i strategii oraz roślin transgenicznych. Wszystkie te programy i strategie mają na celu ograniczenie stosowania pestycydów ze względu na ochronę środowiska i zdrowia człowieka.

Wiek XXI będzie wiekiem biotechnologii, a zwłaszcza inżynierii genetycznej, która w kombinacji ze zmodyfikowaną, konwencjonalną technologią pozwoli na zapewnienie pełnego zapotrzebowania na środki konsumpcyjne, zwłaszcza żywność. Entomologia ogólna i stosowana mają tutaj istotną rolę do spełnienia. Mówi się [Kern 2000], że entomologia w obecnym, XXI wieku, mogłaby nazywać się „gentomologią”, gdyż w centrum zainteresowania będzie gen (transgeniczne owady, transgeniczne rośliny).

W skali światowej obecne zużycie chemicznych środków ochrony roślin do celów rolniczych jest dużo większe niż w Polsce. W doświadczalnych gospodarstwach Unii Europejskiej, w zależności od uprawy, zużycie środków ochrony roślin wynosi 1,2-3,5 kg substancji aktywnej/ha, w Polsce – 0,5 kg substancji aktywnej/ha [Pruszyński 1997]. Dlatego też wdrażając w naszym rolnictwie nowoczesne metody i strategie ochrony roślin należy mieć na uwadze zarówno ochronę środowiska, jak i zwiększanie zużycia środków ochrony roślin [Pruszyński 1997].

W leśnictwie polskim natomiast jest odwrotnie. Biorąc pod uwagę powierzchnie, na których wykonuje się każdego roku w lasach zabiegi chemiczne, można stwierdzić, że w ochronie lasu w Polsce zużycie insektycydów jest wielokrotnie większe niż w ochronie lasu w krajach europejskich i w świecie. Liczbowe dane dotyczące stosowania pestycydów w ochronie lasu, zwłaszcza przed owadami liściożernymi, w rozwiniętych krajach Unii Europejskiej nie są łatwo dostępne.

Środki chemiczne stosuje się bowiem w niewielkim zakresie, a ochronę lasu opiera się głównie na biopreparatach. Podobnie postępuje się w ochronie lasu w Kanadzie i USA.

Należy dodać, że np. w Kanadzie jako kryterium oceny skuteczności zastosowanego środka przyjmuje się stopień defoliacji, spowodowanej przez owady po wykonaniu zabiegu, określony na podstawie zdjęć zrobionych z samolotu. Przyjmuje się, że w przypadku stwierdzenia do 40% defoliacji, zabieg jest udany. W uzupełnieniu trzeba przypomnieć, że dotyczy to głównie jodły. Z badań krajowych [Śliwa, Cichowski 1975, 1980] dotyczących starszych drzewostanów sosnowych wynika również, że defoliacja do 30% nie powoduje ujemnych skutków dla drzewostanu, natomiast zniszczenie aparatu asymilacyjnego powyżej 30% wpływa już na powstawanie strat. Wymieniony parametr należałoby brać pod uwagę przy planowaniu zabiegów chemicznych w ochronie lasu, zmierzających do ograniczenia stosowania środków chemicznych.

Literatura

- Adkisson P. L. 1986. Integrated pest management. Bull. Entomol. Soc. Am. 32, 136-141.
- Culliney T. W., Pimentel D. L., Pimentel M. H. 1992. Pesticides and natural toxicant in food. Agr. Ecosyst. Environ. 41: 297-320.
- Czajkowski M. 1996. Korbajny do monitorowania plonów. Biul. Inf. IUNG 4: 31-33.
- Kern M. 2000. Entomology for the third millenium – scientific and technological challenges. Abstract book I – XXI International Congress of Entomology, Brazil, August 20-26, 2000, LXIX-LXXIV.
- Lipa J. J. 1997. Rolnictwo precyzyjne – nowe technologie. Fragmenta Agronomica, 3(55): 17-26.
- Lipa J. J. 1998. Precyzyjna ochrona roślin – nowe technologie metod i zabiegów. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Ros. 38(1): 23-29.
- Lipa J. J. 1997a. Zasady rejestracji środków biologicznych, biotechnicznych i roślin transgenicznych w Europie i w Polsce – konsekwencje dla nauki i praktyki. Prog. Plant Prot./Post Ochr. Rośl. 37(1): 291-299.
- Lynch M. R., Feeley D. F. 1992. The European communities registration regime: the role of science, challenges and opportunities. Brighton Crop Protection Conference – Pests and Diseases 3: 1243-1252.
- Malinowski H. 2001. Organizmy genetycznie zmodyfikowane w ochronie roślin przed owadami i możliwości ich wykorzystania w ochronie lasu. Sylwan 2: 27-38.
- Olszak R. W., Pruszyński S., Lipa J. J., Dąbrowski Z. T. 2000. Rozwój koncepcji i strategii wykorzystania metod oraz środków ochrony roślin. Prog. Plant Protection/Post Ochr. Roślin. 40(!): 40-50.
- Pruszyński S. 1997. Znaczenie ochrony roślin w rozwoju rolniczych technologii produkcji. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl. 37 (1): 19-26.
- Stark R. W. 1977. Integrated pest management in forest practice. J. Forestry. 75: 251-254.
- Śliwa E., Cichowski P. 1975. Charakter i rozmiar szkód wyrządzanych przez barczatkę sosnowkę (*Dendrolimus pini* L.) i regeneracja uszkodzonych drzewostanów. Sylwan 2: 14-28.
- Śliwa E., Cichowski P. 1980. Regeneracja igliwia i straty w drzewostanach sosnowych po zerach szkodliwych owadów leśnych. Folia Forestaria Polonica, seria A, 24: 167-189.
- Tait E. J. 1987. Planning an integrated pest management system. W: Integrated Pest Management (Bum A. J., Coacker T. H. and Jepson P. C. [red.]), Academic Press. 189-209.
- Waters W. E., Stark R. W. 1980. Forest pest management: concept and reality. Ann. Rev. Entomol. 25: 479-509.
- Wysoki M. 1996. Problems and trends of agricultural entomology at the 2nd millenium. Plenary lectures – XX International Congress of Entomology, Firenze, Italy, August 25-31, 1996, Proceedings, XXXIX-XLIV.

SUMMARY

Directions of plant protection methods, means and strategies development in the world and in Poland with regard to forest protection

Development directions of plant protection methods, means and strategies in the world and in Poland with particular attention focused on forest protection in last fifty years are described. The evolution of application manners of plant protection products was also discussed. Problems connected with the use of pesticides, especially insecticides were the main forces to change the

strategy of pest control. The most important new methods and strategies are biological control and integrated pest management. The new products that expect to discharge or reduce chemical control are: bacterial insecticides, viruses, protozoan, nematodes, fungal insecticides, natural occurring pesticides (antibiotics and fermentation products), botanical pesticides (of plant origin), insect growth regulators, juvenile hormon analogs, semiochemical (pheromones) and genetic engineering products (engineered baculoviruses and bacteria, transgenic plants, genetically improved natural enemies).