

W. WĘGOREK
Instytut Ochrony Roślin

INTEGROWANE ZWALCZANIE SZKODLIWYCH OWADÓW

Zwalczanie szkodliwych owadów jest zagadnieniem bardzo istotnym dla produkcji rolnej. Jak obliczono, kosztem roślin uprawnych żyje na kuli ziemskiej ok. 7500 gatunków owadów przynoszących często katastrofalne straty ekonomiczne. Od dawna stosuje się różne metody i środki w celu ograniczenia tych strat. Ostatnio dominującą rolę w ochronie roślin odgrywają środki chemiczne, które stosuje się na dużych obszarach. Ta dość powszechna chemizacja wywołuje jednak coraz więcej zastrzeżeń, a i efekty zabiegów chemicznych są niewystarczające.

Nad rozwiązaniem tych trudności wiele się pracuje i pisze. Między innymi w książce pt. „Pest Control Biological, Physical and Selected Chemical Methods” napisanej pod redakcją Kilgore i Doult’a (Academic Press New York and London 1967) znajduje się rozdział traktujący o integrowanym zwalczaniu owadów. Zagadnienie zostało tu potraktowane kompleksowo i sądzę, że treść tego rozdziału powinna zainteresować wielu Czytelników. Dlatego przedstawiam poniżej obszernie streszczenie rozdziału w takim ujęciu, jakie nadali mu autorzy.

Wprowadzenie

Lata pięćdziesiąte obecnego stulecia wprowadziły rewolucję na polu ochrony roślin. Impulsem do tej rewolucji było wykrycie DDT i jego wprowadzenie do zwalczania wielu szkodników. Po II Wojnie Światowej przemysł chemiczny rozwinął i wprowadził do użytku dużą ilość pestycydów różnego typu. Nie ma wątpliwości, że z punktu widzenia interesów ludzkości chemia dała wielkie korzyści, ale — jak to najczęściej bywa — są też i skutki ujemne. Wynikły one przede wszystkim dlatego, że zapomniano o ekologicznym charakterze ochrony rośliny. Każde zwalczanie czy to za pomocą środków chemicznych, czy uprawowych, fizycznych czy genetycznych musi być nierozzerwalnie złączone z komponentami istniejącymi w środowisku. To jest właśnie celem zwalczania integrowanego i w tekście tego artykułu postaramy się przedstawić istotę integracji metod walki.

Definicja walki integrowanej

Walka integrowana polega na kierowaniu populacją szkodników przy użyciu dostępnej techniki w celu bądź redukcji populacji szkodnika do poziomu, przy którym nie powoduje on szkód ekonomicznych, bądź też do takiego manipulowania populacjami, aby zabezpieczyć się przed szkodami. Walka integrowana rozwija tę ideę przez harmonizowanie metod w zorganizowany kierunek, przez ich uzgadnianie ze sobą i przez formowanie wielokierunkowego, giętkiego systemu.

Ta definicja jest o wiele szersza od wypowiedzianych wcześniej i obejmujących zagadnienie integracji tylko na odcinku pogodzenia metody chemicznej z biologiczną. Doświadczenie i logika wykazały, że musimy integrować wszystkie metody w jedną całość korzystną dla produkcji, przy jednoczesnym najmniejszym naruszeniu środowiska. Integrowana walka nie musi być budowana wokół metody chemicznej; w pewnych wypadkach program walki integrowanej może być rozwijany bez stosowania jakichkolwiek pestycydów.

Celowość walki integrowanej

Jednostronne użycie jakiejś metody walki ze szkodnikami może mieć nieprzewidziane i niezamierzone skutki. Zastosowanie insektycydów lub uprawa odmian roślin odpornych na żer owadów lub nawet wprowadzenie nowych pasożytów do zwalczania szkodnika może mieć zaskakujące następstwa na sąsiednich polach. I tak np. sugeruje się, że wyeliminowanie w południowych stanach USA muchy *Callitroga hominivorax*, której larwy pasożytują w ciele wielu zwierząt ssących, spowodowało wzrost ilości jeleni, sarn i królików, co z kolei stworzyło konkurencję żywieniową dla bydła. Zredukowanie w Australii mszycy wierzbowo-podagrycznikowej (*Cavariella aegopodii*) uszkadzającej marchew, przez introdukcję pasożytniczej błonkówki z rodzaju *Aphidius*, spowodowało zniknięcie wirusa marchwi (*carrot motley dwarf virus*). Zwiększenie nawożenia azotowego sadów wywołało silniejszy pojaw przedziorków. Jeśli poziom populacji drapieżników jest utrzymany, to nawożenie takie nie powoduje masowego pojawu przedziorków.

Użycie pestycydów bez uwzględnienia środowiska rolniczego powoduje w ostatnich latach wiele niepowodzeń. Często zwalczany szkodnik nabiera odporności na stosowany insektycyd i po zabiegu szybko się odraza w liczniejszej populacji niż przed zabiegiem. Inny, niezwalczany gatunek szkodnika może po zabiegu silnie rozmnożyć się, powodując znaczne szkody. Pestycyd może pozostawać na roślinie lub wewnątrz jej, w glebie, przedostawać się na sąsiednie uprawy, spływać do strumieni i drenów i w ten sposób stwarzać niebezpieczeństwo dla ludzi i zwierząt do-

mowych. Pestycydy stwarzają też zagrożenie dla owadów zapylających, dla zwierzyny łownej i innych gatunków pożytecznych.

Potrzeba skuteczniejszego zwalczania szkodników jest konieczna dla ludzkości, a wymienione trudności wskazują tym dobitniej na potrzebę rozwoju walki integrowanej, bazującej na ekologii szkodników i na znajomości agro-ekosystemu.

Podstawy ekologiczne walki integrowanej

W rozdziale tym zostaną omówione komponenty agro-ekosystemu, z uwzględnieniem ich interakcji i dróg wykorzystania dla postępu i poprawienia zwalczania szkodników.

S k ł a d n i k i a g r o - e k o s y s t e m u

Z punktu widzenia kierowania metodą integrowaną agro-ekosystem jest obiektem złożonym z całego kompleksu organizmów zasiedlających pola wraz z czynnikami środowiska zmodyfikowanymi przez różne czynności rolnicze, socjalne, przemysłowe czy rekreacyjne wykonane przez człowieka. Ważniejszymi komponentami są: rośliny uprawne, gleba, czynniki biotyczne, chemiczne i fizyczne, dopływ energii słonecznej i ludzkiej. W specyficznych agro-ekosystemach lub w pewnych okresach mogą występować dodatkowe elementy, takie jak chwasty, patogeny lub szkodniki i osiągać dominację w systemie.

Ekolog badający ekosystem musi zająć się w dużym stopniu pomiarami przepływu energii w ekosystemie. Przyływ i odpływ energii mierzy się różnymi jednostkami czy też czynnikami, jak np. ilościami nawozów mineralnych, wagą zebranego plonu, ilością materiału siewnego, migracjami, liczbą dni słonecznych i innymi.

W walce ze szkodnikami agro-ekosystem jest zbiorem gatunków szkodliwych, obecnością i rozproszeniem poszczególnych gatunków, ich charakterystyką biologiczną, a dalej obecnością form im konkurencyjnych i drapieżnych, dostatkami pokarmu zasadniczego i alternatywnego. Te wszystkie elementy winny być rozpatrywane, ale praktycznie rzecz biorąc jest to zbyt trudne i dlatego zwykle uwzględnia się te komponenty, które mają znaczenie zasadnicze. I tak w rozwoju integrowanej ochrony lucerny w Kalifornii skoncentrowano się najpierw na mszycy plamistej, następnie zwrócono uwagę na mszycę grochową i kolejno na inne szkodniki. Należy wątpić, czy kiedykolwiek będzie można szczegółowo poznać cały zespół gatunków żyjących na lucernie, bowiem jest ich tam więcej niż 1000.

Stabilność i kompleksowość agro-ekosystemu

Ekosystem rolniczy zmienia się w swej stabilności, kompleksowości i obszarze zajmowanym. Środowisko rolnicze jest niestałe ze względu na charakter upraw i następstwa ekologiczne. W rezultacie tego większość szkodników wytworzyła w sobie duże zdolności adaptacyjne do kolonizacji zmiennych środowisk rolnych.

Wszystkie niemal czynniki (może z wyjątkiem pogody) zmieniają się w agro-ekosystemie pod wpływem działalności człowieka i dlatego mogą być kierowane w stronę oddziaływania na zwalczanie szkodników.

Na ogół daje się zauważyć, że zespoły bogate, lecz z niewieloma powiązaniem między gatunkami, będą wykazywać mniejszą stabilność od zespołów uboższych, lecz z wieloma międzygatunkowymi powiązaniem. Również zastosowanie w jakiejś uprawie nioselektywnych pestycydów eliminuje drapieżniki, a to z kolei obniża znacznie stabilność agro-ekosystemu.

Podobnie i charakter uprawy silnie wpływa na stabilność agro-ekosystemu, co wyraźnie widać, gdy się porówna uprawę np. rzodkiewki, bawełny, lucerny, sadu owocowego czy stałego pastwiska. W jednych wypadkach, jak np. przy uprawie rzodkiewki zmiany w środowisku następują bardzo szybko, w innych rzadziej, a w innych zespół pozostaje trwały nawet kilkadziesiąt lat.

Liczni autorzy podają szereg przykładów, jak duży wpływ na odporność środowiska na inwazje ma bogactwo składu gatunkowego. Dlatego w integrowanej metodzie walki tak duże znaczenie przypisuje się kompleksowości środowiska. Rzecz jasna, że nie można na ślepo utrzymywać lub wzbogacać środowiska; raczej konieczne jest ocenianie kompleksowości środowiska indywidualnie. Analiza wpływu zadrzewień śródpolnych, żywopłotów i odłogów na ekologię sąsiednich pól uprawnych wykazała, że w tych miejscach koncentrują się często szkodniki, co prowadzi do lokalnych poważnych szkód. Jednak nie zaleca się likwidacji tych miejsc, lecz raczej niszczenie roślin w takich zadrzewieniach wraz ze szkodnikami. Stwierdzono też korzyści wynikające z obecności różnych kwitnących roślin na brzegach pól dla rozwoju i utrzymywania się licznych pasożytów, które dzięki temu mogą penetrować uprawy i niszczyć szkodniki.

Generalnie rzecz biorąc człowiek w rozwijaniu agro-ekosystemu dąży do organizowania i upraszczania środowiska, do maksymalizacji zbioru. Eliminuje rywalizację poprzez zwalczanie chwastów, chorób i szkodników. Człowiek zmienia skomplikowane powiązania żywieniowe na krótkie łańcuchy pokarmowe. W konsekwencji widzimy wzrastającą tendencję do zakładania monokultur.

Istnieje dość ogólny pogląd, że nowoczesny agro-ekosystem jest tak uproszczony i ubogi, iż jest stale narażony na masowy pojaw szkodników. Jednak mimo uproszczeń uprawowych, kompleksowość agro-ekosystemu jest dużo większa, niż się to na pierwszy rzut oka wydaje. Tak np. znaleziono 144 gatunki roślin w sadzie jabłoniowym i otaczającym go żywopłocie. Te rośliny tworzą ważny rezerwuar drapieżników i pasożytów atakujących szkodniki jabłoni.

Niektórzy autorzy oceniając faunę stawonogów w ekosystemie mówią o dużej ilości gatunków „obojętnych”. W analizie agro-ekosystemu takiego pojęcia nie ma, ponieważ te gatunki „obojętne” powodują stabilność całej populacji stawonogów. Na polach lucerny w Kalifornii stwierdzono ok. 1000 gatunków stawonogów; wszystkie one powinny być brane pod uwagę w integrowanej metodzie. Na bawełnie żyje ok. 350 gatunków stawonogów, z czego fitofagi stanowią tylko 20%.

Granice agro-ekosystemów

Granice agro-ekosystemów są tylko rzadko zarysowane wyraźnie. Obszar taki musi być raczej duży i obejmować grupę pól uprawnych czy sadów (a nie pojedynczy sad) włącznie z polami sąsiednimi i elementami towarzyszącymi, jak np. zadrzewienia, nieużytki, strumienie itp. W uprawach trwałych, a specjalnie gdy ma się do czynienia ze szkodnikami nieruchliwymi (np. tarcznicowate), wielkość jednostki poddawanej analizie może być niewielka, jedno drzewo, a nawet część korony. Na polach porośniętych roślinami z krótką wegetacją i przy obecności ruchliwych szkodników wielkość badanej jednostki musi być bardzo duża, często wiele km². Ponieważ praktyka rolnicza stwarza wiele zaburzeń, odbywa się na takim terenie wiele migracji, odloty i naloty. Owady będące szkodnikami są dobrze na ogół przystosowane do takich zmian środowiska. Są one zwykle bardzo ruchliwe i posiadają alternatywnych gospodarzy na porzeżach pól i na nieużytkach, skąd mogą nalatywać na nowe uprawy. Również wiele owadów pożytecznych (np. biedronki) mają te zdolności. Wszystkie te cechy owadów powinny być brane pod uwagę przy analizie agro-ekosystemów i ustalaniu ich wielkości dla badań i kierowaniu metodą integrowaną.

Rodzaje szkodników

W każdym agro-ekosystemie jest zwykle jeden lub dwa szkodniki główne. Takie gatunki są zwykle groźne, stale obecne i wymagają zwalczania, ponieważ ich populacja kształtuje się powyżej progu szkodliwości ekonomicznej. Szkodniki główne są podstawowym celem analiz i układania metody integrowanej. Dla przykładu można podać, że na jabło-

niach stwierdzono 92 gatunki stawonogów mogących powodować szkody. Wraz z nimi występują 122 gatunki owadów drapieżnych i pasożytniczych oraz 23 gatunki ptaków owadożernych. Z tego zespołu tylko 5 gatunków to szkodniki główne, a dalszych 17 określono jako gatunki mniej ważne, ale groźne i wreszcie 70 gatunków ma znaczenie drugorzędne.

Klasyfikacja szkodników głównych opiera się na takich przesłankach, jak liczebność pojawu stadiów szkodliwych w okresie wrażliwości roślin, rodzaju szkód powodowanych przez szkodniki i potencjale szkodliwości pojedynczych osobników. Jeśli gatunek atakuje organy rośliny będące celem jej uprawy (np. owoce), zachodzi konieczność utrzymania szkodnika na niskim poziomie i to jest zwykle szkodnik główny. Podobnie wektor groźnej choroby wirusowej jest zwykle szkodnikiem głównym.

W odróżnieniu od tych, szkodniki sporadyczne wyrządzają ekonomiczne szkody tylko na pewnych terenach i w pewnych przypadkach. Takie szkodniki są zwykle pod kontrolą czynników biologicznych lub środowiskowych; czasem jednak gatunek wymyka się z kontroli i wtedy może spowodować szkody. Szkodniki sporadyczne są szczególnie wygodne do zwalczania metodą integrowaną, a zabiegi zapobiegawcze ich pojawom są bardzo efektywne.

Trzecia grupa to szkodniki potencjalne. Nie powodują one większych szkód w warunkach panujących w danym agro-ekosystemie. Przy zwalczaniu szkodników głównych i sporadycznych trzeba uważać, aby wskutek stosowanych metod walki nie uległy zmianie warunki środowiska pozwalając na wzrost populacji szkodników potencjalnych do granic szkodliwości ekonomicznej. Znane są takie gatunki, które stają się ekonomicznie ważnymi po zastosowaniu na obszarze ich występowania środków chemicznych przeciw innym szkodnikom.

Szkodniki migrujące stanowiące czwartą grupę wymagają szczególnej uwagi. Nie są one rezydentami agro-ekosystemu, lecz penetrują go zwykle na krótki przeciąg czasu. Znamy wiele tego rodzaju szkodników, a dobrym przykładem może tu być szarańcza.

Ewolucja agro-ekosystemu

Agro-ekosystem jest produktem ewolucyjnym powstającym w wyniku dążenia człowieka do zmieniania przyrody dla celów uzyskania pożywienia i innych dóbr. Podobnie jak inne mniej niepokojone ekosystemy istniejące na powierzchniach nierolniczych, ten agro-ekosystem ma swoją dynamikę, wielostronność i kompleksowość. Między światem roślinnym i zwierzęcym a środowiskiem nieożywionym istnieje w agro-ekosystemie stała interakcja. Nie rzuca się to w oczy w rejonie naturalnego współżycia, ale przybiera specyficzne formy na granicach zasięgu populacji dane-

go gatunku. Tak np. populacja ryjkowca *Hypera postica* występująca w Kalifornii różni się zasadniczo od populacji tego gatunku w Kanadzie, a obie z kolei odbiegają różnymi cechami od populacji wyjściowej powstałej w Stanie Utah po zawleczeniu tam tego szkodnika lucerny. Te trzy populacje jednego gatunku różnią się w zachowaniu, odpornością na chłody, zapotrzebowaniem na ciepło, potencjałem szkodliwości i przypuszczalnie w innych cechach. Przystosowanie się owocówki jabłkówki do żerowania na orzechach w Kalifornii jest innym przykładem ewolucji. Obok znanego rozwijania się odporności na insektycydy istnieje przypuszczalnie o wiele więcej takich zmian w agro-ekosystemie.

Nawet bez zabiegów człowieka agro-ekosystem podlega ewolucji. Zwykle polega to na zwiększaniu się kompleksowości; nowe elementy dołączają się przez adaptację. Pomyślna i prawidłowa integrowana metoda ochrony roślin musi brać pod uwagę te długo- i krótkoterminowe zmiany oraz ich konsekwencje. I tak np. wprowadzenie do uprawy odmian lucerny odpornych na żer mszycy plamistej wykluczyło potrzebę wykonywania oprysków insektycydami fosforoorganicznymi. W wyniku zaobserwowano poprawę zdrowotności upraw cytrusowych. Rzecz w tym, że w czasie opryskiwania lucerny pewne ilości insektycydu przenosił wiatr na drzewa cytrusowe, co powodowało ginięcie dużej liczby owadów pożytecznych (drapieżników i pasożytów) likwidujących szkodliwe czerwce. Wstrzymanie oprysków wpłynęło korzystnie na liczebność fauny pożytecznej, co z kolei obniżyło populację czerwców na drzewach cytrusowych.

Inny przykład zmian agro-ekosystemu to wzrost zagrożenia przez mszyce roślin zbożowych wraz z wprowadzeniem do uprawy odmian lucerny odpornych na żer mszycy. Na opanowanych przez mszyce polach lucerny rozmnażają się masowo biedronki, które migrują w lecie na zboża niszcząc mszyce zbożowe. Brak mszyc na lucernie zahamował rozwój biedronek i w konsekwencji nastąpiło zagrożenie zbóż przez mszyce.

Poziom ekonomicznej szkodliwości

Ustalenie poziomu tolerowanej szkodliwości jest podstawową kwestią dla integracji metod ochrony roślin. Doświadczenia wykazały daremność dążeń utrzymania pól wolnych od owadów. Takie dążenie jest nie tylko bardzo kosztowne, ale i wadliwe z punktu widzenia ekologii. Obecnie tylko zupełnie nieświadomieni ludzie mogą zalecać taki program dla ochrony roślin. Niezależnie od ważności drapieżników i pasożytów, stawonogi grają podstawową rolę w rozkładaniu resztek roślin i zwierząt, aeracji i nawożeniu roli i w zapyłaniu wielu roślin.

Liczebność owadów szkodliwych nie zawsze koreluje z wysokością strat. Wyższa liczebność szkodnika może być tolerowana w pewnych wa-

runkach, podczas gdy w innych warunkach liczba ta spowoduje ekonomiczne straty. Tak np. w czasie chłodnej pogody wyższa liczebność jest lepiej znoszona. Rośliny będące w młodych stadiach rozwojowych są wrażliwsze na uszkodzenia. Różnice w nawadnianiu oraz nawożeniu roślin wywołują też zmiany w podatności. Pewne odmiany roślin są wrażliwsze od innych. Z tych kilku przykładów wynika, że ocena poziomu strat i tolerancji musi być dostosowana do miejscowego klimatu, pory roku, stanu rozwojowego roślin, odmian i agrotechniki. Decyzja podjęcia zwalczania zależy od wartości plonu uratowanego w zestawieniu z kosztami zwalczania. Określa się to mianem współczynnika kosztów i potencjalnej korzyści. Ten współczynnik jest związany z warunkami rynkowymi, z lokalną polityką rolników, wcześniejszymi kosztami produkcji, a czasem również z poziomem pracowników zatrudnionych w rolnictwie.

Ważną sprawą jest umiejętność przewidywania rozwoju populacji szkodnika, aby w odpowiednim czasie zastosować zabieg. Chodzi o to, aby nie dopuścić do osiągnięcia przez szkodnika poziomu szkodliwości.

Obecność szkodnika w liczebności poniżej poziomu szkodliwości jest nawet pożądana dla rozwoju entomofagów. Gatunki szkodliwe nie powinny być eliminowane ze środowiska. Dążenie do wyeliminowania gatunków szkodliwych jest antytezą metody integrowanej.

Rola walki biologicznej w walce integrowanej

Spośród czynników otoczenia oddziałujących na populacje owadów, pasożyty i drapieżniki są najbardziej wrażliwe na działanie i interwencję człowieka. Jedną z najsilniej działających czynności jest walka chemiczna.

Istnieją trzy główne poglądy na naturę walki chemicznej i te różnice poglądów są źródłem nieporozumień w interpretacji roli znaczenia wrogów naturalnych. Jeden pogląd ma charakter utylitarny i widzi walkę biologiczną jako użycie organizmów do zwalczania szkodników. Głównie chodzi tu o import egzotycznych wrogów naturalnych i ich rozmnażanie do walki ze szkodnikami. W tym wypadku spada do minimum rola miejscowych entomofagów.

Druga definicja podkreśla, podobnie jak poprzednia, utylitarny взгляд walki biologicznej rozszerzając ją o takie czynniki, jak autosterylanty, odporność roślin i antybiotyki.

Wreszcie trzeci pogląd uznaje walkę biologiczną za regulację populacji roślin i zwierząt przez drapieżniki, pasożyty i choroby bez większych manipulacji przez człowieka.

Szerokie i bardziej naturalne pojęcie walki biologicznej jest głównym elementem rozwoju programów integrowanej ochrony. Miejscowi wrogowie naturalni grają decydującą rolę w wielu agro-ekosystemach.

Entomolodzy stosowani często utożsamiają mechanizmy i obiekty walki biologicznej z walką chemiczną. Tylko w najszerszym ujęciu zwalczania szkodników są one takie same; w swej technice są one jednak różne. Z bardzo niewielkimi wyjątkami walka biologiczna wywołuje stałą regulację populacji, podczas gdy walka chemiczna wywołuje zawsze czasową destrukcję populacji lokalnej. Jedynie zalewowa kolonizacja pasożytów lub drapieżników w celu lokalnego zahamowania rozwoju szkodnika lub użycie insektycydu mikrobialnego ma pewne podobieństwa z walką chemiczną. Z porównania walki biologicznej z chemiczną wynika często, że ta pierwsza jest często opóźniona w działaniu. Stąd istnieje opinia u wielu entomologów — ekonomistów, że walka chemiczna jest o wiele skuteczniejsza. To nie jest słuszne, ponieważ cała wartość walki biologicznej musi być oceniana na bardziej szerokiej, długoterminowej podstawie. W rzeczy samej najbardziej znamiennej rolą walki biologicznej jest jej niezwykle duża efektywność działania, pozwalająca nam na współżycie z naszymi konkurentami spośród stawonogów. Bez tej niespostrzegalnej działalności byłoby niemożliwe rozwinięcie się naszej nowoczesnej cywilizacji z uwagi na konkurencję pokarmową.

Po tym szerszym naświetleniu walki biologicznej należy rozważyć miejsce jej w ogólnym schemacie walki integrowanej. Czynniki biorące udział w naturalnej walce mogą być podzielone na dwie grupy. Do pierwszej grupy należą takie czynniki, których zagęszczenie wzrasta wraz ze wzrostem populacji ofiary, do drugiej zaś takie obiekty, których liczebność jest niezależna od liczebności ofiary.

Czynniki walki biologicznej należą zwykle do pierwszej grupy. I tak na przykład ilość pasożytniczej błonkówki *Aphidius Smithi* wzrasta wraz ze wzrostem populacji ofiary, tj. mszycy grochowej, co prowadzi do załamania się populacji ofiary. Gdy liczebność szkodnika spada poniżej pewnego minimum, obniża się też stopniowo zapas pasożyta, co pozwala z kolei na wzrost liczebności ofiary. Wtedy znowu populacja pasożyta narasta. Ta współzależność może być naruszona przez zabiegi człowieka, szczególnie przez zastosowanie insektycydów. Preparaty działają w tym wypadku podwójnie: raz przez niszczenie szkodnika i pasożyta, a po wtóre przez wpływ na populację ofiary. Dlatego jest ważną sprawą rozwijanie w ochronie roślin takich metod, które nie obniżają aktywności czynników walki biologicznej.

Równie ważne jest przerywanie łańcuchów żywieniowych naturalnych wrogów. Na przykład jeśli mszyca, przedziorki i wciornastki będące pożywieniem złotooków na uprawie bawełny zostaną wyeliminowane wcześniej z uprawy przez zabieg chemiczny nieszkodliwy dla tych drapieżników, to złotooki będą na chronionym polu głodowały i emigrowały. W późniejszym okresie, gdy należą ruchliwe szkodniki, takie jak np. zmie-

niki, będą one mogły szybko się rozmnażać nie atakowane przez drapieżne owady. To jest przyczyną dla której w Kalifornii nie zaleca się obecnie wczesnych zabiegów przeciw mszycom, wciornastkom i przedziorkom na bawełnie, bez względu na możliwość powstania pewnych, niewielkich zresztą, szkód.

Ale stosowanie pestycydów nie jest jedyną praktyką rolniczą, mającą ujemny wpływ na entomofagi. Orka, kultywatorowanie, irygacja, nawożenie, zbiór plonów, zwalczanie chwastów i szereg innych czynności rolniczych może bezpośrednio lub pośrednio utrudniać rozwój drapieżników i pasożytów. I dlatego jasne jest, że nie powinno się ograniczać rozważań nad lepszym wykorzystaniem walki biologicznej do wpływu środków chemicznych. Należy widzieć cały ekosystem i pamiętać, że wszystko, co człowiek w nim robi, wpływa na populację stawonogów.

Selektywne insektycydy a walka integrowana

Uzależnienie się tylko od walki biologicznej nie jest alternatywą na tle poprzednich rozważań. Przede wszystkim jest bardzo wątpliwe, czy czynniki biologiczne można stosować we wszystkich potrzebach. Po wtóre nie we wszystkich przypadkach walka biologiczna jest dokładna. W pewnych wypadkach mechanizm biologicznej regulacji jest zbyt krótki i populacja szkodnika może wzrosnąć ponad tolerowany poziom. Fakt, że wiele tysięcy gatunków owadów jest na kuli ziemskiej poważnymi szkodnikami, świadczy o niedoskonałości walki biologicznej w wielu wypadkach. Z drugiej strony wiele szkodników jest ograniczanych przez zespoły wrogów naturalnych i tylko z uwagi na arbitralne ustanowienie przez człowieka ekonomicznych tolerancji gatunki te uznaje się za szkodliwe. Dlatego jedyną logiczną drogą postępowania jest takie stosowanie innych metod walki, które będzie pomagać walce naturalnej. Odnosi się to szczególnie do stosowania walki chemicznej.

Jest to sprawa trudna przy stosowaniu obecnie dostępnych insektycydów, ponieważ większość z nich ma szerokie spektrum działania. Jedną z największych potrzeb dla przyszłego rozwoju integrowanej metody ochrony roślin jest rozwój insektycydów selektywnych, a nawet specyficznych. Innymi słowy potrzebne są preparaty, których działanie będzie ograniczone np. do szarańczy, gąsienic motyli, ryjkowców, pluskwiaków itp. Obecnie bardzo niewiele takich środków znamy, a i w przyszłości nie można wiele oczekiwać. Dlatego należy szukać selektywności insektycydów, obecnie dostępnych, przez umiejętne ich stosowanie.

Zwiększenie selektywności obecnych środków chemicznych można uzyskać przez modyfikację ich dozowania, przyrządzania, czasu stosowania itp. To wszystko może obniżać populację szkodników do poziomu tolerowanego przy jednoczesnej ochronie ekosystemu.

Badania nad selektywnym zwalczaniem są prowadzone przez wiele ośrodków i, choć nie wszystkie wyniki dają pozytywne rezultaty, to jednak pewne postępy można stwierdzić. Dużym osiągnięciem jest np. wprowadzenie selektywnych akarycydów, co wskazuje na możliwość dalszych sukcesów. Ostatnio prowadzone badania chemików nad selektywnymi insektycydami rozwijają się szybko włączając, obok konwencjonalnych środków, również hormony, feromony, repelenty, atraktanty i sterylanty.

Wykorzystanie odporności roślin w integrowanej walce

Bardzo niewiele prac poświęcono wykorzystaniu w integrowanej metodzie uprawy roślin odpornych na żer owadów. Przykładem udanego eksperymentu jest wprowadzenie odmian lucerny odpornych na żer *Therioaphis maculata*. Tę program włącza też zastosowanie miejscowych drapieżników, introdukowanych pasożytów, pewnych grzybów chorobotwórczych, preparatów chemicznych i zabiegów agrotechnicznych. Częściowa odporność roślin wzmacnia efektywność wrogów naturalnych, które działając samotnie nie są w stanie utrzymać populacji poniżej progu szkodliwości ekonomicznej.

Przy wprowadzaniu odmian odpornych na żer owadów trzeba brać pod uwagę ich rolę i wpływ na cały agro-ekosystem. Na przykład wprowadzenie w Kalifornii pewnych nowych odmian malin odpornych na niektóre patogeny spowodowało bardzo silny pojaw szkodliwych roztoczy, na żer których te nowe odmiany okazały się bardzo wrażliwe. Podobnie wprowadzenie odmian lucerny odpornych na mszycę grochową miało duże ekonomiczne znaczenie dla uprawy tej rośliny w Kalifornii. Jednak lucerna znosi bez większych strat umiarkowane porażenie przez tę mszycę. Istnieje natomiast niebezpieczeństwo inne, wiążące się z wprowadzeniem do uprawy odpornej lucerny. Mianowicie dotychczas lucerna stanowiła ważne ogniwo pokarmowe dla biedronek i innych drapieżników, które rozmnażając się na lucernie przenosiły się na inne sąsiednie uprawy i tam stanowiły ważny element walki biologicznej. Zmniejszenie ilości biedronek może więc mieć niekorzystne znaczenie dla zdrowotności sąsiednich pól.

Praktyczne zastosowanie metody integrowanej

W ostatnim dwudziestolecu wprowadzono w życie szereg programów integrowanej walki ze szkodnikami. Charakterystyczne jest to, że te programy są wynikiem pewnego kryzysu. Inaczej mówiąc producenci i naukowcy doprowadzeni do desperacji przez rozmaite problemy związane z szerokim i różnorodnym zastosowaniem insektycydów zostali zmuszeni do badań ekologicznych, by rozwiązać te trudności. To jest może naj-

bardziej znamienitym kierunkiem w nowoczesnej ochronie roślin, a celem jest wyjście z chaosu, spowodowanego rozwojem techniki i nagromadzeniem ekologicznego materiału.

Uzyskane sukcesy zainteresowały wiele osób i dlatego wzrasta szybko liczba opracowań integrowanych programów ochrony roślin. Niektóre z nich zasługują na omówienie.

Owady jabłoni i grusz w Nowej Szkocji

Kamieniem milowym dla integrowanych metod był program opracowany w Nowej Szkocji przez Picketta i jego kolegów dla zwalczania szkodników jabłoni i grusz. Program ten był wielkim postępem w ochronie roślin właśnie w tym czasie, gdy cały ciężar problemu stosowania pestycydów zaciążył na entomologach i całej opinii publicznej. W czasie, gdy entomolodzy zaniedbali ekologię i zajmowali się zastosowaniem nowych syntetycznych insektycydów organicznych, Pickett z współpracownikami pracując spokojnie i pilnie w dalekiej północnej dolinie utworzyli świetnie skonstruowany program integrowany. W konsekwencji, gdy niedoskonałość jednostronnej chemicznej walki została wreszcie poznana i zaczęto szukać innych rozwiązań, program Nowej Szkocji stał się wiodącym modelem. Adaptując ten program robiono jeszcze pomyłki w ważnych, ekologicznych elementach, ale zasada, którą przedstawił Pickett, pozostała w pełnej wartości i doprowadziła do znacznego rozwoju w szeregu regionów świata.

Owady na bawełnie w Dolinie Canette, Peru

Drugi integrowany program został opracowany dla zwalczania szkodników bawełny w Peru. Ten program był wynikiem kryzysu, jaki powstał w ochronie bawełny. I tu również badania oparto na ekologii. Dr Wille dość szybko wyjaśnił podstawowe problemy i zainicjował badania, które doprowadziły do pozytywnego wyniku.

Dolina Canette stanowi zamknięty agro-ekosystem. Jest ona utworzona przez strumienie, spływające z wysokich Andów do Pacyfiku. W dolinie uprawiało się bawełnę, kukurydzę, ziemniaki, owoce i warzywa. W wyższych rejonach dolina łączy się i zamyka naturalnym rejonem Andów. Większość takich dolin peruwiańskich posiada bardzo charakterystyczny klimat, o małych opadach, niskiej wigotności i silnym nasłonecznieniu. Wszystkie uprawy są nawodniane. Dolina Canette posiada 22 000 ha gruntów uprawnych, z czego 15 000 zajmuje bawełna. Poziom upraw i mechanizacja stoją na wysokim poziomie.

Historia sytuacji, jaka wytworzyła się w Dolinie Canette, stanowi klasyczny przykład skutków zaniedbań uwzględniania ekologii i jednostron-

nego opierania się na insektycydach. Doprowadziło to do niepowodzenia z powodu kilku czynników. Jednym z najważniejszych było to, że dolina była jakby zamkniętą oazą. Kiedy zaczęto powszechną chemizację za pomocą organo-syntetycznych insektycydów, cały współistniejący w dolinie zespół organizmów został wystawiony na powtarzające się zabiegi. Skutki tego były podwójne: zniszczenie pasożytów i drapieżników oraz szybka selekcja wśród szkodników, prowadząca do powstania ras odpornych. O ile w roku 1949 i kilku następnych latach normalne dawki DDT, HCH czy Toksafenu dawały dobre wyniki, to już w 1955 r. trzeba było stosować podwójne dawki. Poza tym przerwy między powtarzającymi się zabiegami znacznie skrócono; początkowo opryskiwano co 8—15 dni, a następnie już co 3 dni. W międzyczasie pojawił się cały zespół nowych gatunków szkodliwych owadów, które przed tym nie miały znaczenia. W rezultacie plon bawełny zaczął spadać osiągając swój najniższy poziom w 1956 r.

Nic dziwnego, że plantatorzy zwrócili się do swojej stacji badawczej o opracowanie nowego programu, który by poprawił sytuację. Zostało to szybko wykonane i plan taki przygotowano. Ważniejsze wytyczne tego integrowanego programu obejmują: nieuprawianie bawełny na peryferiach doliny Canette, wprowadzenie nowych zaleceń uprawowych, zakaz stosowania syntetycznych insektycydów organicznych i powrót do starych preparatów, takich jak arseniany i nikotyna — z wyjątkiem pozwolenia przez komisję, która z zasady zezwala na stosowanie insektycydów organicznych w stężeniu 25—50% zalecanych stężeń, zasiedlanie doliny owadami pożytecznymi, sprowadzanymi z innych okolic Peru i palenie resztek poźniwnych.

W rezultacie zastosowania tych zaleceń nastąpiła szybka redukcja szkodników. Cały szereg gatunków, które licznie występowały w czasie stosowania preparatów organo-syntetycznych, powróciło do liczebności umiarkowanej. Koszty walki obniżono, a plon znacznie wzrósł i osiągnął najwyższy swój poziom, tj. 789,1 kg/ha, wobec 603,8 kg/ha we wcześniejszym okresie. Przedstawiona historia zwalczania szkodników w dolinie Canette jest dobrym przykładem prawidłowego rozwiązania problemu ochrony roślin.

Mszyca *Therioaphis trifolii* w Kalifornii

Ta mszyca, jako przypadkowy imigrant do Ameryki Północnej, została stwierdzona w Kalifornii w 1954 r. W ciągu 2 lat rozprzestrzeniła się we wszystkich rejonach uprawy lucerny i rozmnożyła się tak silnie, że stała się bardzo dużym zagrożeniem. Walka biologiczna była początkowo niewystarczająca i trzeba było wprowadzić szeroką walkę chemiczną

przy użyciu preparatów organo-fosforowych. W międzyczasie zaczęły dochodzić do głosu miejscowe drapieżniki, szczególnie biedronki, a także grzyby chorobotwórcze i pasożyty importowane. Jednak silna chemizacja utrudniała rozwój organizmów pożytecznych, które nie mogły w tej sytuacji wykazać pełnej aktywności. To doprowadziło do ograniczenia walki chemicznej. Kiedy mszyca wytworzyła odporność na insektycydy organo-fosforowe, zaczęły wzrastać koszty walki, a szkody powodowane przez mszycę osiągały coraz wyższy poziom.

Jedynym rozwiązaniem wydawało się rozwinięcie selektywnej walki chemicznej, która by nie przeszkadzała walce biologicznej. Eksperymenty podjęto natychmiast i opracowano szybko taką selektywną walkę chemiczną przy użyciu niskich dawek demetonu. W ciągu jednego roku opracowano integrowaną walkę, przy której rola czynników biologicznych wzrosła do pełnego efektu, i w ten sposób kryzys w uprawie lucerny opanowano. W latach 1957—1958 koszty walki i straty powodowane przez tę mszycę spadły z 9 705 000 dol. do ok. 1 694 000 dol. Późniejsze wyhodowanie lucerny odpornej na żer *Therioaphis trifolii* wyeliminowało tę mszycę jako szkodnika w Kalifornii.

Opracowanie selektywnej walki chemicznej przeciw omawianej mszyce było dużym osiągnięciem i wprowadzono tę zasadę szeroko w Kalifornii oraz innych regionach, co pomogło do ustalenia dalszych programów integrowanej walki ze szkodnikami.

Podsumowanie

Integrowaną metodę ochrony roślin trzeba chyba ocenić bardzo pozytywnie. W okresie ostatnich 20 lat było dużo złych zabiegów ochrony roślin. Wśród entomologów jest to rozeznanie i obecnie notuje się zwrot do ekologicznego ujmowania walki ze szkodnikami. I to wskazuje na dalszy rozwój integracji. Fakt, że insektycydy organiczne weszły tak szeroko do użytku, był następstwem nieekologicznego traktowania ochrony roślin przez entomologów. Czym więcej entomologów i innych pracowników nauki będzie doceniało ekologię i genetykę, tym bardziej utwierdzi się przekonanie, że jednostronne używanie insektycydów prowadzi do powstawania omyłek.

Organosyntetyczne insektycydy rozwinięły się na bazie kryteriów chemii, toksykologii i ekonomiki. W zasadzie nie uwzględniono tu poglądów ekologii. Z małymi wyjątkami, gdy te substancje trafiały do rąk entomologów — były bezkrytycznie stosowane przeciw szkodnikom.

Nie dalej jak w połowie lat pięćdziesiątych jeden z entomologów radził kolegom (być może humorystycznie) założenie kolekcji ważniejszych szkodników, aby je umieścić w muzeum, nim zostaną wyteplone przez nową pestycydy.

Obecnie, po okresie wielkiego rozwoju pestycydów, obserwuje się nasilenie badań nad feromonami, atraktantami i repelantami, chemosterylizantami, antymetabolitami, hormonami, patologią owadów, odpornością roślin, biologiczną walką i innymi. Również nowa technika zwalczania szkodników robi wielkie postępy.

Należy uważać, aby przy stosowaniu tych nowych substancji i metod nie popełnić starych błędów zaistniałych przy organosyntetycznych insektycydach. Wyobraźmy sobie następstwo szerokiego zastosowania hormonów na szeroką skalę. Podobnie, jeśli przez sterylizację wyniszczymy najważniejsze szkodniki, to też nie możemy być pewni, że nowe gatunki nie nabiorą znaczenia gospodarczego. Nawet rozwój uprawy odmian roślin odpornych na żer szkodników, który uznać należy za najbardziej pożądaną sposób walki, musi odbywać się pod ekologiczną kontrolą.

Integrowana metoda ochrony roślin nie przyjdzie tak prosto i łatwo. Producenci rolni chcą metod łatwych, szybkich i niekosztownych. Przemysł chemiczny poszukuje środków niedrogich, wielostronnie działających, mogących wygrywać konkurencję z innymi produktami. Konsumenty chcą produktów wysokiej jakości, nie uszkodzonych przez owady, i tanich. Wszystkie te życzenia są słuszne i w pewnym sensie mogą być uwzględnione. Ale potrzebny jest pewien kompromis. Integrowana metoda nie jest prosta, nie zawsze tania i nie zawsze zabija wszystko, co zabijały insektycydy. Rolnicy, producenci pestycydów i konsumenci muszą to zrozumieć. To nie jest łatwe, ale musi być zrozumiane, jeśli rozwój metod integrowanych ma wejść do szerokiego zastosowania.

L I T E R A T U R A

1. Benassy C.: „Remarques sur les recherches actuelles en France sur la „lutte integree” 1962 Rev. Zool. Agric., 4—6 s. 54—59.
2. Burgerjon A.: „Tendances et perspectives de la lutte integree en verger”. Apres de Colloque de Stuttgart (Septembre 1963) du groupe de Travial de la CILB., s. 143—148.
3. Kilgore W. W., Douth R. L.: „Pest Control Biological, Physical, and Selected Chemical Methods”. Academic Press, New York and London 1967, s. 1—477.
4. Węgorzek W.: „Integracja metod walki z chorobami, szkodnikami i chwastami jako nowoczesny kierunek działania ochrony roślin”. Postępy Nauk Rolniczych, 1966, nr 1/97, s. 99—114.
5. Węgorzek W.: „Dziś i jutro ochrony roślin”. Ochrona Roślin, 1967, nr 3, s. 1—14.
6. Węgorzek W.: „Zadania nauki oraz terenowej służby ochrony roślin na tle planu rozwoju ochrony roślin w latach 1970—1985”. Biuletyn IOR, z. 40, s. 5—18.
7. Węgorzek W., Demby W. M.: „Od guseł i zabobonów do integrowanej metody ochrony roślin”. Ochrona Roślin 1969, nr 4, s. 4—7.