

CZYNNIKI BIOLOGICZNE W INTEGROWANEJ OCHRONIE ROŚLIN

MAREK TOMALAK, DANUTA SOSNOWSKA, JERZY J. LIPA

Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Biologicznych Metod i Kwarantanny
Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań
M.Tomalak@iorpib.poznan.pl

I. WSTĘP

Obserwowane już od ponad 40 lat stałe rozszerzanie zakresu stosowania patogenicznych, pasożytniczych i drapieżnych organizmów pożytecznych w ochronie upraw szklarniowych w Polsce jest doskonałym przykładem skutecznego wykorzystania czynników i metod biologicznych w praktyce. Znaczne sukcesy metod biologicznych notowane są również w ochronie sadów, upraw grzybów jadalnych, czy siewek i sadzonek roślin w mnożarkach (Tomalak i wsp. 2010). Nowe zadania stawiane przez wprowadzane obecnie regulacje prawne Parlamentu Europejskiego i Rady Wspólnoty Europejskiej (Rozporządzenia nr 1107/2009 i Dyrektywa nr 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r.), nakazujące od roku 2014 powszechne stosowanie metod integrowanych, z pierwszeństwem użycia metod niechemicznych i naturalnych, dotyczą jednak znacznie szerszego obszaru ochrony roślin, w którym znajdują się również uprawy polowe. Tutaj, poza zwiększeniem dostępności i stałym doskonaleniem skutecznych środków biologicznych, niezbędne jest również lepsze zrozumienie ogromnej roli spełnianej przez setki rodzimych gatunków pożytecznych organizmów, które naturalnie bytują w środowisku rolniczym i rozwijają się kosztem występujących tam agrofagów. Trwałe zachowanie wysokiej bioróżnorodności w agroekosystemach, umożliwiające skuteczniejszą ochronę ich naturalnych zasobów oraz stwarzanie korzystnych warunków do dynamicznego rozwoju ich populacji stają się, więc kolejnymi, ważnymi wyzwaniami dla biologicznej ochrony upraw polowych w integrowanych systemach ochrony.

Głównym celem tego artykułu jest przegląd wykorzystywanych obecnie na świecie sposobów realizacji tych zadań.

II. METODY BIOLOGICZNE W KONTEKŚCIE INNYCH METOD OCHRONY ROŚLIN

Stosowanie metod biologicznych jest tylko jedną z dostępnych strategii ochrony roślin. Obok nich rolnictwo konwencjonalne w nieporównywalnej przewadze wykorzystuje metody chemiczne oraz inne metody niechemiczne, jak agrotechniczne, fizyczne, mechaniczne, hodowlane i biotechniczne.

Przed podjęciem dalszych rozważań nad dostępnymi strategiami stosowania metod biologicznych w praktyce warto zastanowić się nad ich głównymi atrybutami, które stanowią podstawę ich dotychczasowego sukcesu w ochronie roślin. Do najważniejszych z nich z pewnością należą: (a) wysoka, często przewyższająca inne metody, skuteczność w niektórych typach upraw (np. uprawy szklarniowe, pieczarkarnie, sady), (b) wysoka selektywność środków biologicznych i wysoki poziom bezpieczeństwa dla konsumenta, chronionej rośliny oraz środowiska, (c) zwykle brak lub niewielka odporność agrofagów na środki biologiczne, (d) zdolność większości czynników biologicznych do aktywnego odszukiwania agrofaga w środowisku rolniczym, (e) możliwe przedłużone działanie dzięki samoreprodukcji i wydłużonej persystencji w środowisku oraz (f) liczne dowody na ogromny potencjał populacji rodzimych czynników biologicznych, naturalnie występujących w środowisku rolniczym.

Warto również zastanowić się nad tym, co metody biologiczne mają obecnie do zaoferowania integrowanej ochronie roślin. Ponad 100-letnia historia praktycznego wykorzystywania metod biologicznych na świecie pozwoliła na zgromadzenie ogromnego zasobu wiedzy biologicznej oraz metod i technologii, które już w obecnej postaci lub po nieznacznym uzupełnieniu mogą znaleźć swój przekład na język praktyki. Są to przede wszystkim: (a) dobrze poznane i łatwo dostępne gatunki oraz specyficzne szczepy organizmów antagonistycznych (tj. patogenicznych, pasożytniczych i drapieżnych), mogących bezpiecznie i skutecznie ograniczać populacje niektórych, ważnych gospodarczo agrofagów, (b) zawierające je środki ochrony roślin (ś.o.r.) i przemysłowe technologie ich produkcji, (c) technologie ich stosowania w specyficznych warunkach środowiskowych niektórych upraw, jak również (d) coraz lepiej rozumiane mechanizmy regulacji agrofagów przez rodzime organizmy antagonistyczne, naturalnie występujące w środowisku rolniczym oraz (e) mechanizmy regulacji populacji tych organizmów przez lokalne czynniki środowiskowe. Bardziej szczegółowo zagadnienia te zostały omówione w ramach 50. Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego (Tomalak i wsp. 2010).

Jeśli przy tym uwzględnimy wyniki ostatniej oceny trendów w wykorzystaniu ś.o.r. na świecie, wskazujących na dokonujący się, ogromny postęp w zakresie udziału środków biologicznych w ogólnym rynku pestycydów, prognozy dla tej grupy środków i metod okazują się bardzo obiecujące (Anonim 2009). Już tylko w okresie 2005–2010 średni roczny wzrost udziału środków biologicznych w rynku światowym wyniósł 9,9% przy 1,1% średnim rocznym spadku udziału środków chemicznych. W omawianym okresie udział środków biologicznych w ogólnym rynku pestycydów wzrósł z 2,5% do około 4,2%. Jest to nadal niewiele, lecz zmiana notowana w tak krótkim okresie czasu jest ogromna.

III. GŁÓWNE STRATEGIE BIOLOGICZNEJ OCHRONY ROŚLIN WYKORZYSTYWANE W PRAKTYCE

Definicja sformułowana przez DeBach'a (1964), a będąca najpowszechniej wykorzystywaną w literaturze, określa biologiczne zwalczanie szkodliwych organizmów, jako „działanie pasożytów i drapieżców utrzymujące populacje innych organizmów na średnio niższym poziomie, niż miałyby to miejsce przy ich braku”. To nieco lapidarne stwierdzenie chyba najlepiej opisuje zakres działania czynników biologicznych i jego spodziewane skutki. Stało się ono również podstawą wyróżnienia odrębnych strategii pozwalających na osiągnięcie tego celu, gdzie naturalne i stosowane biologiczne zwalczanie agrofagów stanowią dwie podstawowe kategorie.

Naturalne biologiczne zwalczanie

Naturalne biologiczne zwalczanie jest wynikiem spontanicznej aktywności setek, czy nawet tysięcy rodzimych gatunków organizmów antagonistycznych dla agrofagów, naturalnie występujących w środowisku rolniczym. Do najważniejszych spośród nich należą: owadobójcze wirusy, patogeniczne i konkurencyjne dla agrofagów bakterie i grzyby, owadobójcze nicienie, drapieżne roztocze, pasożytnicze i drapieżne dla agrofagów owady oraz drapieżne płazy i ptaki. Spotykane często na roślinach uprawnych: biedronki, złotooki, pasożytnicze i drapieżne muchówki oraz błonkówki, czy licznie występujące na powierzchni gleby i pod kamieniami chrząszcze biegaczowate oraz kusakowate stanowią tylko niewielką część tego systemu. Choć większość pożytecznych organizmów nie jest łatwo zauważalna w środowisku (wirusy, bakterie, grzyby), ich stała aktywność odbywa się całkowicie bez udziału człowieka, a jej pozytywne wyniki trudno przecenić. Powszechnie uważa się, że naturalne biologiczne zwalczanie jest największym i najważniejszym sektorem biologicznego zwalczania w rolnictwie (Waage i Greathead 1988). Jednakże, sukces tej strategii jest bardzo mocno uzależniony od warunków środowiskowych, spośród których temperatura, wilgotność, różnorodność krajobrazu, itp. odgrywają znaczącą rolę. W środowisku rolniczym dodatkowym elementem regulującym dynamikę populacji pożytecznych organizmów jest również stosowanie innych metod ochrony roślin, w tym głównie chemicznej. Słabe zrozumienie ogromnej, pozytywnej roli odgrywanej przez naturalne czynniki biologiczne przyczynia się zaś do nieuwzględniania ich obecności w realizowanych programach ochrony chemicznej i nieświadomego ograniczania ich populacji.

Stosowane biologiczne zwalczanie

W obrębie stosowanego biologicznego zwalczania: (a) import i uwalnianie do środowiska egzotycznych wrogów naturalnych przeciwko zawleczonym lub rodzimym agrofagom (tzw. klasyczne biologiczne zwalczanie), (b) uzupełnianie, tj. masowa hodowla i uwalnianie wrogów naturalnych, którzy normalnie, zwykle w niewielkiej liczbie, występują już w danym środowisku, lub są łatwo dostępni oraz (c) konserwacja (ochrona) istniejących populacji rodzimych wrogów naturalnych poprzez modyfikację środowiska rolniczego, stanowią trzy główne strategie, realizowane w różnych

sytuacjach praktycznych. Poza metodami realizacji, strategie te różnią się również głównymi celami swoich działań.

Klasyczne biologiczne zwalczanie

Klasyczne biologiczne zwalczanie ma już ponad 100-letnią tradycję. Powszechnie przytaczanym przykładem pierwszego sukcesu takich działań jest sprowadzenie do Kalifornii pod koniec 19. wieku biedronki (*Rodolia cerdinalis*) do zwalczania czerwca białego (*Icerya purchasi*). Według różnych źródeł, dotychczas na świecie przeprowadzono około 2–4 tysięcy introdukcji obcych gatunków, z czego około 20–55% zakończyło się osiedleniem wroga naturalnego na nowym terenie, lecz tylko w 5–15% przypadków stwierdzono skuteczne ograniczenie populacji szkodnika, przeciwko któremu wroga tego wprowadzano. W Polsce najlepiej znanym przykładem zastosowania tej strategii jest wprowadzenie pasożytniczej błonkówki – ośca korówkowego (*Aphelinus mali*) przeciwko bawełnicy korówce (*Eriosoma lanigerum*) w sadach jabłoniowych (Kawecki 1936). Podobnie, jak w całej Europie gatunek ten osiedlił się w Polsce i choć od jego wprowadzenia minęło już ponad 70 lat, nadal występuje powszechnie w sadach. Próby z innymi, sprowadzonymi do Europy gatunkami pożytecznych organizmów podejmowano jeszcze wielokrotnie, lecz nie wszystkie z nich kończyły się sukcesem. Tak między innymi w Polsce, ze względu na niskie temperatury w okresie zimy nie udało się zadomowić drapieżnych pluskwiaków *Perillus bioculatus* (Węgorek i Schmidt 1962) i *Podisus maculiventris* (Pruszyński i Węgorek 1980), które wykazywały wysoką skuteczność przeciwko stoncy ziemniaczanej. Należy tutaj podkreślić, że ważnym celem tej strategii jest zadomowienie się wprowadzanego organizmu pożytecznego na nowym obszarze tak, aby permanentnie utrzymywał on populację szkodnika na możliwie niskim poziomie. W takim przypadku niezbędne jest jednak wcześniejsze przeprowadzenie szczegółowych badań ekologicznych, aby wprowadzany gatunek nie wywołał w przyszłości nieprzewidzianych problemów środowiskowych, jak w ostatnich latach ma to miejsce, w wyniku masowego rozmnożenia się introdukowanego wcześniej do Europy i Ameryki Północnej gatunku biedronki *Harmonia axyridis*. Wymogi stawiane egzotycznym gatunkom entomofagów, wprowadzanym na nowe obszary sformułowane zostały w szeregu oficjalnych dokumentów organizacji międzynarodowych i prac naukowych, a ich podstawy naukowe i praktyczna interpretacja dla Europy podsumowana została w fundamentalnych opracowaniach Bigler'a i wsp. (2005, 2006).

Uzupełnianie – Masowa hodowla i uwalnianie czynników biologicznych

Obecnie, najczęściej wykorzystywaną strategią biologicznego zwalczania agrofagów jest uzupełnianie, tj. masowa hodowla i uwalnianie do uprawy różnych gatunków naturalnych wrogów agrofagów, które normalnie występują w danym środowisku lub są łatwo dostępne w obrocie handlowym (van Lenteren 2011). W przypadku zastosowania tej strategii przewidywane jest jedynie działanie doraźne – interwencyjne wprowadzanego organizmu, bez jego zadomowienia się na chronionym obszarze. Wykorzystywane są środki biologiczne w różnej formulacji, zawierające antagonistyczne dla agrofagów wirusy, bakterie, grzyby, nicienie, drapieżne roztocze i owady oraz pasożytnicze owady. Istotnym ułatwieniem w stosowaniu tej strategii jest dobrze rozwinięty system doradztwa zapewniany przez producentów lub lokalnych dystrybutorów środków biologicz-

nych. Największy sukces strategia ta osiągnęła w integrowanej ochronie upraw szklarniowych – głównie warzyw pod osłonami, gdzie na szeroką skalę wykorzystywane są entomofagi, bakterie, grzyby i nicienie owadobójcze. Od wielu lat metody te sprawdzają się również w uprawach sadowniczych, gdzie wprowadzanie drapieżnych roztoczy pozwala na zmniejszenie liczby zabiegów środkami chemicznymi i łatwiejszą ochronę innych, naturalnie występujących tam entomofagów. Podobnie, włączenie nicieni owadobójczych do ochrony grzybów jadalnych przed muchówkami z rodziny Sciaridae, jak również do ochrony młodych roślin w mnożarkach i w szkółkach drzew stało się, w ostatnich latach powszechne wśród pieczarkarzy i szkółkarzy. W uprawach gruntowych bakterie owadobójcze i grzyby bakterio- i grzybobójcze oraz pasożytnicze błonkówki znalazły dotychczas stosunkowo wąskie zastosowanie praktyczne. Ich skuteczność często jest ograniczana przez nieprzewidywalne warunki pogodowe, choć w środowiskach, gdzie alternatywne rozwiązania nie są dostępne (np. uprawy ekologiczne, lasy) środki te (np. zawierające bakterię *Bacillus thuringiensis*) z powodzeniem zastępują środki chemiczne. Pomimo znacznego sukcesu strategii uzupełniania w stosowaniu metod biologicznych w ochronie roślin, istotne ograniczenia wynikają z: (a) dostępności na rynku stosunkowo dużej liczby środków biologicznych adresowanych do ochrony upraw szklarniowych (obecnie w Polsce około 30–40) przy bardzo wąskim arsenale (zaledwie kilka) środków możliwych do zastosowania w uprawach polowych oraz (b) dostępności stosunkowo szerokiej gamy środków przeciwko szkodliwym owadom i roztoczom przy zaledwie pojedynczych środkach adresowanych przeciwko patogenom roślin (np. zawierające *Pytiym oligandrum*, *Coniothyrium minitans*). Również całkowity brak środków biologicznych przeznaczonych do ograniczania zachwaszczenia wskazuje, że jeszcze wiele pozostaje do zrobienia w tym obszarze. Ta sytuacja wymaga zdecydowanych zmian, jeśli środki biologiczne mają znaleźć szersze zastosowanie w integrowanej ochronie upraw polowych.

Obecnie, główne obszary stałego rozwoju strategii polegającej na uzupełnianiu czynników biologicznych w uprawie obejmują: (a) rozszerzenie zakresu dostępnych grup, gatunków i szczepów czynników biologicznych, (b) doskonalenie technologii taniej produkcji przemysłowej, zachowującej wysoką jakość produktu, (c) ulepszanie metod formulacji środków biologicznych, (d) rozszerzenie zakresu oferty środków biologicznych dostępnych na rynku, (e) rozszerzenie obszaru praktycznego wykorzystania środków biologicznych (nowe rośliny, nowe uprawy – w tym uprawy polowe), (f) uproszczenie metod stosowania, (g) optymalizację wymagań rejestracyjnych dla czynników i środków biologicznych, które uwzględniałyby racje producentów środków, konsumentów i ochrony środowiska oraz (h) doskonalenie metod promocji, dystrybucji i doradztwa w zakresie stosowania środków biologicznych.

Konserwacyjne biologiczne zwalczanie

Strategią o największym potencjale dla integrowanej ochrony roślin w uprawach polowych jest konserwacyjna metoda biologiczna. Wykorzystuje ona wprowadzanie modyfikacji krajobrazu rolniczego w celu stworzenia odpowiednich warunków bytowania dla rodzimych organizmów pożytecznych, naturalnie występujących w tym środowisku. Nakłada ona szereg ograniczeń na stosowane praktyki rolnicze, między innymi zaleca unikanie radykalnych metod uprawy i zbioru, stosowanie selektywnych pestycydów, prowadzenie upraw współrzędnych, pasowe koszenie, etc., co ma na celu zredukowanie

ich negatywnego wpływu na pożyteczne organizmy. Zaleca również tworzenie specjalnej infrastruktury ekologicznej powodującej zwiększenie bioróżnorodności w środowisku (Barbosa 1998; Boller i wsp. 2004). Podstawą konserwacyjnej strategii biologicznej ochrony roślin jest nowy sposób edukacji rolnika, uczącej go holistycznego podejścia do agroekosystemu, gdzie zarówno powierzchnie zajęte przez bieżące uprawy, jak i wszystkie pozostałe stanowią jeden superorganizm w obrębie, którego zachodzą ciągle transakcje pomiędzy poszczególnymi komponentami.

Modyfikację środowiska proponowane przez tę strategię obejmują głównie: (a) modyfikację programów chemicznej ochrony roślin, mającą na celu integrację naturalnych czynników biologicznych i ś.o.r. oraz (b) zwiększenie kompleksowości krajobrazu rolniczego poprzez utrzymywanie prawidłowej infrastruktury ekologicznej, obejmującej tworzenie miedz, korytarzy ekologicznych, zakrzewień i zadrzewień śródpolnych, zachowanie zróżnicowanych florystycznie obrzeży pól, etc. Struktury takie powinny obejmować przynajmniej 5% powierzchni gospodarstwa. Najważniejszymi celami tych działań jest zabezpieczenie alternatywnych źródeł pokarmu dla pożytecznych organizmów oraz stworzenie dla nich odpowiedniego mikroklimatu i miejsc schronienia w okresach panowania niekorzystnych warunków środowiskowych (np. suszy, zimy, etc.). Podstawy naukowe oraz potrzebę działań interdyscyplinarnych w zakresie tworzenia odpowiedniej do tego infrastruktury ekologicznej przedstawili już wcześniej Dąbrowski i Wysocki (2009) w ramach 49. Sesji Naukowej Instytut Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego.

Stosując chemiczne ś.o.r. rolnik musi uwzględniać szereg ograniczeń takich, jak okres karencji, prewencji, wielkość kropli cieczy roboczej i kierunek oraz siłę wiatru występujące w czasie opryskiwania, etc. Etykiety chemicznych ś.o.r. informują również o potencjalnej toksyczności dla organizmów stałocieplnych, ryb i pszczół. Jednakże, zwykle brakuje jakichkolwiek informacji o poziomie toksyczności tych środków w stosunku do występujących w środowisku rolniczym pożytecznych organizmów – patogenicznych, pasożytniczych lub drapieżnych w stosunku do agrofagów. Logiczne, choć zwykle przemilczane jest potencjalnie negatywne oddziaływanie środków chemicznych, szczególnie zaś tych o szerokim spektrum działania, na antagonistyczne i owadobójcze grzyby (fungicydy), na nicienie owadobójcze (nematocydy), na drapieżne roztocze i owady (akarycydy, insektycydy), czy też na pasożytnicze owady (insektycydy). Dlatego, stosowanie selektywnych środków o możliwie wąskim spektrum działania powinno stać się podstawą racjonalnej integracji naturalnych czynników biologicznych i pestycydów chemicznych. Należy pamiętać, że stosowanie środków o szerokim spektrum działania może również redukować naturalnych wrogów stosunkowo nieistotnych do tej pory agrofagów, a to z kolei może prowadzić do szybkiego wzrostu ich populacji. Istniejąca do niedawna strona internetowa Międzynarodowej Organizacji Biologicznego Zwalczenia (IOBC) http://www.iobcwprs.org/ip_ipm/03022_IOBC_PesticideDatabase_2005.pdf zawierała wartościowe informacje o selektywności ś.o.r. oraz o zasadach jej oceny. Jednakże, od kilku miesięcy połączenie z tą stroną stało się niedostępne. Indywidualne poszukiwanie przez rolników takich informacji w jednostkowych publikacjach naukowych jest praktycznie niemożliwe. Uzasadnione, więc wydaje się podjęcie możliwych działań, aby informacje te ponownie były zamieszczane na ogólnie dostępnych portalach internetowych lub w wydawanych periodycznie zaleceniach, co pozwoliłoby na stałą ich aktualizację.

Inne formy integracji chemicznych ś.o.r. i naturalnych, pożytecznych czynników biologicznych obejmują przeprowadzanie zabiegów chemicznych w okresach, gdy najważniejsze gatunki tych organizmów znajdują się w bardziej tolerancyjnej fazie rozwoju (np. przepoczwarczenie w kokonach), czy też przestrzenne ograniczenie kontaktu obu tych czynników poprzez lokalne stosowanie środków chemicznych w ogniska występowania agrofagów, pasowe wykonywanie opryskiwania w alternatywnych rzędach lub przeprowadzanie tych zabiegów w okresach, gdy pożyteczne organizmy przebywają w glebie, w czasie przepoczwarczenia. Lepsze zrozumienie biologii pożytecznych organizmów powszechnie występujących w agrocenozach oraz ciągła aktualizacja informacji na temat selektywności dostępnych na rynku środków chemicznych muszą stanowić istotny element integrowanej ochrony roślin.

W trakcie swojego rozwoju szereg grup pożytecznych organizmów wymaga okresowej zmiany pokarmu. Dla wielu gatunków owadów, które w stadium larwalnym prowadzą drapieżny lub pasożytniczy tryb życia, w stadium owada doskonałego dostępność nektaru i pyłku kwiatowego jest niezbędna nie tylko do podtrzymania ich normalnych funkcji życiowych, lecz również do procesu dojrzewania płciowego i rozmnażania się. Spośród nich większość pasożytniczych błonkówek, pasożytniczych oraz drapieżnych muchówek, złotooków i chrząszczy jest silnie zwabiana przez kwitnące rośliny występujące w pobliżu łąnu, a stamtąd pozostaje już tylko niewielka odległość do kolonii agrofagów, gdzie składane są jaja. Pozostawianie zróżnicowanych florystycznie obrzeży pól, miedz i pasów zadrzewień śródpolnych stanowi doskonałe zaplecze pokarmowe dla tych organizmów przez większą część sezonu wegetacyjnego. W literaturze naukowej istnieje wiele wskazówek, w jaki sposób dobierać gatunki drzew i krzewów, czy jakimi roślinami zielnymi uzupełniać środowisko rolnicze, aby zapewnić entomofagom stały dostęp do wartościowego nektaru i pyłku (Boller i wsp. 2004). Należy tutaj mieć na uwadze nie tylko ogólną produkcję nektaru i pyłku, lecz również ich dostępność, uwzględniając formę samych kwiatów w kontekście budowy aparatu gębowego najczęściej występujących entomofagów oraz dodatkowy wpływ kwitnących roślin uprawnych (np. rzepaku), znajdujących się w sąsiedztwie chronionych pól. W ten sposób lepsze zrozumienie specyficznego wpływu jakości dostępnego pokarmu na dynamikę populacji naturalnych czynników biologicznych staje się kolejnym istotnym wyzwaniem dla procesu integracji metod biologicznych z pozostałymi działaniami mającymi na celu ochronę roślin.

Istotnym celem modyfikacji środowiska rolniczego w konserwacyjnej ochronie biologicznej jest również stworzenie odpowiedniego mikroklimatu i miejsc bytowania dla pożytecznych organizmów w niekorzystnych okresach sezonu (susza, zimowanie, etc.). Pomędzy uprawami jedno- i wieloletnimi istnieje ogromna różnica w możliwościach zapewnienia tych wymogów. Dla populacji pożytecznych stawonogów zbiór plonów z upraw jednorocznych może być prawdziwym kataklizmem. W krótkim czasie zostają one pozbawione nie tylko źródła pokarmu, lecz również schronienia. Jedynym wyjściem z tej sytuacji jest migracja w inne rejony. W przypadku zbioru plonów z upraw wieloletnich sytuacja może być podobna, lecz perspektywa przyszłej odbudowy środowiska silniej uzasadnia utrzymanie dotychczasowych populacji na miejscu. Pasowy zbiór plonów z zachowaniem kilkunastu odstępow pozwala złagodzić negatywny wpływ tych zabiegów na lokalne populacje. Pomimo zniszczenia części środowiska dotychczasowego bytowania, pożyteczne organizmy nadal znajdują odpowiednie warunki w bezpośrednim sąsiedztwie, co istotnie ogranicza migrację. Podobne zadanie

mogą spełnić również inne refugia, takie jak miedze, pasy zadrzewień śródpolnych, czy bogate florystycznie obrzeża upraw, które dostarczają niezbędnego pokarmu, mikroklimatu i schronienia. Powierzchnie te ułatwiają także powtórna kolonizację uprawy przez entomofagi po kolejnych zabiegach chemicznymi ś.o.r. W specyficznych warunkach klimatycznych niektórych upraw zagęszczenie ładu może istotnie polepszyć mikroklimat dla bytowania entomofagów. Tak, np. wprowadzenie rajgrasu do ładu kukurydzy zwiększyło przeżywalność kruszynka (*Trichogramma* sp.) (Orr i wsp. 1997) czy łączna uprawa kapusty z koniczyną istotnie zwiększyła liczebność występujących tam parazytoidów (Theunissen i wsp. 1995).

Szczególnie trudne warunki stwarza zima, która w przypadku braku roślinności na polu może stać się krytycznym okresem dla populacji naturalnie występujących entomofagów i ich znaczenia dla ograniczania liczebności agrofagów w roku następnym. Wymienione wyżej refugia, jak również wszelkie inne elementy wyspowe, pokryte wieloletnią roślinnością, a spełniające rolę „banków owadów” mogą stanowić wartościowe miejsca zimowania entomofagów i w ten sposób pośrednio przyczynić się do wcześniejszej kolonizacji nowych upraw wiosną.

Poza okresem masowego występowania agrofagów znaczna część entomofagów atakuje inne gatunki ofiar lub gospodarzy. Odrębnym celem modyfikacji środowiska dla poprawienia warunków bytowania entomofagów jest, więc zapewnienie im łatwego dostępu do alternatywnych gatunków tych organizmów. Dotyczy to szczególnie entomofagów z grupy tzw. generalistów, które w przeciwnym przypadku szybko migrują na oddalone powierzchnie innych upraw. Zapewnienie w sąsiedztwie pól uprawnych obecności roślin, na których mogą się rozwijać alternatywne gatunki ofiar i gospodarzy pozwala zatrzymać na miejscu oraz/lub również przywabić pasożytnicze i drapieżne owady oraz roztocze. Doskonałym przykładem takich działań jest tworzenie pasów zadrzewień śródpolnych, gdzie w okresie wczesnej wiosny muchówki bzygowate odżywiają się w koloniach różnych gatunków mszyc nadrzewnych, przenosząc się na pola po pojawieniu się tam pierwszych kolonii mszyc na roślinach uprawnych (Wnuk 2005). W przypadku braku zadrzewień muchówki te przelatują na pola z większych odległości, a to może istotnie opóźnić ich liczniejsze pojawy w uprawach.

Omówione powyżej strategie biologicznego zwalczania wskazują, że proste dodanie czynników biologicznego zwalczania do arsenału dostępnych ś.o.r. nie może być wystarczającym podejściem w integrowanych systemach ochrony, szczególnie zaś w uprawach polowych. Relacje pomiędzy środowiskiem, czynnikami biologicznego zwalczania oraz agrofagami są zwykle bardzo złożone i specyficzne dla danego układu. Dlatego w procesie powszechnego wdrażania integrowanej ochrony roślin do praktyki rolniczej niezbędne jest położenie większego nacisku na strategię odpowiedniej edukacji. Powinno to dotyczyć wszystkich poziomów od specjalistycznej edukacji doradców i producentów rolnych (szkoły i uczelnie rolnicze, okresowe kursy i inne formy szkolenia ustawicznego) do zmiany świadomości całego społeczeństwa (odpowiednie przekazy mediów publicznych). Zmiany wymagane w programach nauczania rolników powinny w większym stopniu uwzględniać zagadnienia doskonalenia struktury przestrzennej gospodarstwa w celu zwiększenia dostępnej bioróżnorodności, sprawnego prognozowania i sygnalizacji pojawów agrofagów, bardziej racjonalnego wykorzystywania selektywnych, chemicznych środków ochrony roślin, wywierających możliwie najmniejszy negatywny wpływ na populacje najważniejszych czynników biologicznych, które natu-

ralnie występują w agroekosystemach oraz dostosowania praktyk agrotechnicznych do możliwie konserwacyjnego traktowania środowiska rolniczego.

Jednym z ważnych czynników ograniczających szersze wykorzystanie metod biologicznych w ochronie roślin, szczególnie zaś w ochronie upraw polowych o niższej wartości plonów są koszty środków biologicznych. Wprowadzenie w ostatnich latach bardziej ekonomicznych metod produkcji przemysłowej środków biologicznych zawierających pożyteczne bakterie, grzyby i nicienie spowodowało znaczne obniżenie ich ceny. Jednakże, stosowanie ich na większych powierzchniach nadal może być stosunkowo drogie. Warto, więc zastanowić się, czy wprowadzenie odpowiednich dotacji, przynajmniej w pierwszym okresie wdrażania niektórych strategii biologicznych, nie mogłoby stanowić dobrego wsparcia dla szerszego ich wykorzystania w praktyce.

Dalszy rozwój i wzrost udziału metod oraz środków biologicznej ochrony w programach integrowanej ochrony roślin, w znacznym stopniu uzależniony jest od wyników prowadzonych w tym zakresie badań naukowych. Liczba nowych, pożytecznych organizmów, wprowadzanych w ostatnich latach do obrotu handlowego, jednoznacznie wskazuje, że wiele potencjalnie wartościowych dla praktyki gatunków nadal oczekuje na odkrycie. Nadal niewyjaśnionych pozostaje również wiele zagadnień dotyczących biologii i ekologii odkrytych już wcześniej czynników biologicznego ograniczania populacji agrofagów czy warunków ich skutecznego stosowania w uprawach. Jest zrozumiałe więc, że od odpowiedniego sterowania finansowaniem badań naukowych w zakresie ochrony roślin będą uzależnione możliwości podejmowania prac nad najważniejszymi zagadnieniami.

Trudno jest jednoznacznie określić, które z wymienionych czynności mają obecnie znaczenie największe. Autorzy tego opracowania uważają, że wszystkie z nich powinny stać się ważnymi przedsięwzięciami przystosowawczymi do pełnego wdrożenia w Polsce ram wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów.

IV. WNIOSKI

1. Racjonalna integracja metod chemicznych i biologicznych jest optymalnym rozwiązaniem dla ochrony roślin, zarówno w odniesieniu do chronionej uprawy, konsumenta, jak i środowiska.
2. Dostępne środki biologiczne już obecnie wykorzystywane są w programach integrowanej ochrony roślin, lecz ich niewielki asortyment pozwala na ich zastosowanie w ochronie tylko nielicznych upraw.
3. Dla celów integrowanej ochrony roślin w uprawach polowych na szczególną uwagę zasługują organizmy pożyteczne naturalnie występujące w środowisku rolniczym.
4. Zapewnienie im dostępu do alternatywnych źródeł pokarmu i schronienia oraz ograniczenie negatywnego oddziaływania na nie chemicznych ś.o.r. poprzez stosowanie środków selektywnych jest niezbędne dla pełnego wykorzystania ich potencjału, jako skutecznych antagonistów dla organizmów szkodliwych.
5. Aby osiągnąć ten cel wśród producentów roślin i doradców ochrony roślin powinno być popularyzowane holistyczne podejście do agroekosystemów, wsparte odpowiednim kierunkiem edukacji.

V. LITERATURA

- Anonim 2009. The New Biopesticide Market, RC-204R Report. Business Communications Company, Inc.
- Barbosa P. (ed.). 1998. Conservation Biological Control. Academic Press. San Diego, CA, USA. 396 pp.
- Bigler F., Babendreier D., Kuhlmann U. (eds). 2006. Environmental Impact of Invertebrates for Biological Control of Arthropods. Methods and Risk Assessment. CABI Publishing, Wallingford, UK, 299 pp.
- Bigler F., Bale J., Cock M., Dreyer H., GreatRex R., Kuhlmann U., Loomans A., van Lenteren J. 2005. Guideline on information requirements for import and release of invertebrate biological control agents in European countries. *Biocontrol News and Information* 26, 115N-123N.
- Boller E.F., Häni F., Poehling H.-M. 2004. Ecological Infrastructures. Ideabook on Functional Biodiversity at the Farm Level. Swiss Centre for Agricultural Extension and Rural Development (LBL), Eschikon, Switzerland, 212 pp.
- Dąbrowski Z.T., Wysocki Cz. 2009. Potrzeba działań interdyscyplinarnych w ocenie znaczenia użytków ekologicznych i infrastruktury ekologicznej dla proekologicznej ochrony roślin. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 49 (3): 973–981.
- DeBach P. 1964. Biological Control of Insect Pests and Weeds. Chapman and Hall, Ltd., London, 844 pp.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*, 24.11.2009 PL, 309: 71–86.
- Kawecki Z. 1936. Korówka wełnista i jej pasożyt (*Aphelinus mali* Hald.) osiec korówkowy w województwie krakowskim i kieleckim. *Ogrodnictwo* 1.
- Orr D.B., Landis D.A., Mutch D.R., Manley G.V., Stuby S.A., King R.L. 1997. Ground cover influence on microclimate and Trichogramma (Hymenoptera: Trichogrammatidae) augmentation in seed corn production. *Environ. Entomol.* 26: 433–438.
- Pruszyński S., Węgorek W. 1980. Researches on biology and introduction of *Podisus maculiventris* Say – new for Poland predator of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). *Materiały 20. Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin* 20: 127–136.
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1107/2009 i z dnia 21 października 2009 r. dotyczące wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin i uchylające dyrektywy Rady 79/117/EWG i 91/414/EWG. *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*, 24.11.2009 PL, 309: 1–50.
- Theunissen J., Booij C.J.H., Lotz L.A.P. 1995. Effects of intercropping white cabbage with clovers on pest infestation and yield. *Entomol. Exp. Appl.* 74: 7–16.
- Tomalak M., Sosnowska D., Lipa J.J. 2010. Tendencje rozwoju metod biologicznych w ochronie roślin. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 50 (4): 1550–1560.
- van Lenteren J.C. 2011. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but frustrating lack of uptake. *BioControl*, in press.
- Waage J.K., Greathead D.J. 1988. Biological control: challenges and opportunities. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B* 318: 111–128.
- Węgorek W., Szmidt A. 1962. Próby aklimatyzacji *Perillus bioculatus* Fabr. (*Heteroptera, Pentatomidae*) w Polsce. *Biul. Inst. Ochr. Roślin* 17: 7–27.
- Wnuk A. 2005. Roślinność w Łańcuchu Pokarmowym dla Mszycożernych Bzygowatych (Diptera, Syrphidae). *Ochrona Środowiska Naturalnego w XXI Wieku – Nowe Wyzwania i Zagrożenia. Fundacja na Rzecz Wspierania Badań Naukowych Wydziału Ogrodniczego w Krakowie*: 95–104.

MAREK TOMALAK, DANUTA SOSNOWSKA, JERZY J. LIPA

BIOCONTROL AGENTS IN INTEGRATED PLANT PROTECTION

SUMMARY

Over 40 years of gradual widening of the use of beneficial pathogenic, parasitic and predatory organisms in protection of glasshouse crops is an excellent example of effective implementation of biological methods and agents into agricultural practice in Poland. Significant success of biological methods has been also recorded in protection of orchards, edible mushroom cultures, and seedlings and cuttings in plant nurseries. However, tasks related with implementation of new regulations of the European Parliament and the Council (Regulation EC No 1107/2009 and Directive 2009/128/EC), which clearly emphasize the leading position of integrated pest management with priority given to non-chemical and natural means of pest and disease control, concern much grater range of agricultural environments, including open field agroecosystems. Here, besides a greater availability and continuous improvement of efficacy of biocontrol agents, significant improvement is needed in understanding of the role played by hundreds of native beneficial organisms naturally present in the agricultural environment. Effective conservation of their natural resources and biodiversity by manipulation of the environment in order to create proper conditions for dynamic growth of their populations, become urgent tasks for biological methods in integrated pest management in open-field crops. The main objective of this paper is to review present approaches to manage these tasks.

Key words: biological control, biopesticides, beneficial microorganisms, integrated pest management, macroorganisms, plant protection