

*Jan Boczek*

*Katedra Entomologii Stosowanej SGGW w Warszawie*

## **Stan i perspektywy walki biologicznej z chwastami**

W Polsce, podobnie jak w wielu innych krajach, herbicydy stanowią ok. 60% zużywanych w rolnictwie pestycydów. W zwalczaniu chwastów dominuje metoda chemiczna, gdyż tą drogą można szybko i skutecznie ograniczać populacje każdego gatunku chwastu. Metoda ta jednak ma szereg poważnych wad, np. drogą selekcji tworzą się odporne biotypy, które później bardzo trudno zwalczyć; herbicydy zanieczyszczają środowisko i zmieniają biochemizm traktowanych roślin uprawnych. Dlatego obserwuje się na świecie tendencję do maksymalnego wykorzystywania w walce z chwastami metod niechemicznych – agrotechnicznych i biologicznych. Metody agrotechniczne są szczegółowo omawiane w podręcznikach ogólnej uprawy roślin, natomiast na temat biologicznych metod brak jest w literaturze krajowej szerszych opracowań.

Na świecie istnieje już na ten temat obszerna literatura oraz dysponujemy co najmniej kilkunastoma przykładami udanych zabiegów zwalczania niektórych gatunków chwastów w określonych rejonach i krajach [7]. Duże osiągnięcia w tym zakresie notują przede wszystkim takie kraje, jak: USA, Kanada, RPA, Nowa Zelandia i Australia, gdzie tym metodom poświęcono w ostatnich dziesiątkach lat dużo badań i działań praktycznych.

Na temat biologicznej walki z chwastami odbyło się już 8 międzynarodowych sympozjów w latach: 1969 (Szwajcaria), 1971 (Włochy), 1973 (Francja), 1976 (USA), 1980 (Australia), 1984 (Kanada), 1988 (Włochy), 1992 (Nowa Zelandia). W styczniu 1996 odbyło się IX sympozjum w Stellenbosch w RPA. W tym sympozjum uczestniczyło 230 specjalistów z 32 krajów.

Walka biologiczna z chwastami polega na wykorzystywaniu ich wrogów naturalnych: patogenów (na razie prawie wyłącznie grzybów) oraz roślinożernych zwierząt (najczęściej owadów, roztoczy i nicieni). W USA do chwastów zalicza się także mrówki ogniste, które mają wiele cech typowych dla chwastu [48].

## Korzystne cechy roślinożercy

Jakie cechy musi posiadać roślinożerca, aby był skuteczny w biologicznym zwalczaniu chwastu? Pierwszym warunkiem jest monofagizm – żerowanie jedynie na chwacie, który chcemy zwalczyć, a nie żerowanie na roślinach uprawnych i innych ważnych w gospodarce człowieka gatunkach. Zakres roślin żywicielskich typowanego do biologicznego zwalczania roślinożercy bada się najpierw w warunkach szklarniowych, a obserwacje wykonuje się także w warunkach polowych i w laboratoriach. Szczególnie dokładnie testuje się gatunki roślin należące do tej samej rodziny co zwalczany chwast, a także wiele innych z pokrewnych rodzin [22, 48]. Bada się nie tylko możliwości rozwoju poszczególnych stadiów i całego pokolenia, ale także samo żerowanie. Gatunek, który będzie żerował na roślinie uprawnej, nawet jeśli nie będzie na niej składał jaj, jest gatunkiem niepożądanym.

Drugą korzystną cechą roślinożercy jest jego duża ruchliwość. Ponieważ rośliny chwastów często rosną w rozproszeniu na dużych areałach, w różnym zagęszczeniu, więc roślinożerca musi te rośliny łatwo znajdować. Gatunek intensywnie poszukujący swojej rośliny żywicielskiej będzie tutaj bardziej obiecujący.

Kolejną cechą jest odporność na zmienne czynniki środowiska. Poszukiwany do kolonizacji, a zwłaszcza do introdukcji gatunek roślinożercy jest wprowadzany na nowe dla siebie tereny o innym mikroklimacie, często znacznie odbiegającym od tego, w którym nastąpił jego rozwój. Przy rozmnażaniu gatunku w warunkach insektarium zapewnia się zwykle optymalne, stałe warunki temperatury, wilgotności i światła. Owady takie, wypuszczone w teren, mają warunki mniej korzystne, zmienne, często znacznie gorsze.

Szczególnie pożądane są do introdukcji gatunki atakujące narządy generatywne chwastu – pąki kwiatowe, kwiaty, zawiązujące się nasiona, a także niszczące nasiona osypane na ziemię przed ich kiełkowaniem lub siewki. Taki roślinożerca może niszczyć większość nasion.

Harris [22] stwierdził, że w Kanadzie 2 gatunki muchówek, 2 błonkówek i 1 motyl, atakując narządy generatywne, niszczą 99,5% nasion chabru (*Centaurea maculosa*).

Błonkówka *Trichilogaster acaciaelongifoliae* tworzy w kwiatostanach akacji (*Acacia longifolia*) galasy. Sprowadzona do południowej Afryki spowodowała zmniejszenie rozmnażania się chwastu o ponad 89% i ograniczenie wzrostu o 53% [11, 41].

Motyl *Tyria jacobaeae* i pchełka *Longitarsus jacobaeae* obniżały w stanie Oregon w USA populację starca o 89%, a liczbę kwiatostanów o 93%. Te dwa fitofagi uzupełniają się wzajemnie – pchełka niszczy części wegetatywne, a motyl – generatywne i żeruje w różnych okresach sezonu wegetacji. Rośliny uszkodzone przez pchełkę nie regenerowały narządów generatywnych [4, 13, 16, 27, 39].

Oset *Carduus mutans* był zwalczany biologicznie w USA, Kanadzie i Nowej Zelandii przez introdukcję ryjkowca *Rhinocyllus conicus*, który niszczy zawiązujące

się nasiona. Chrząszcz ten powodował niszczenie 63% nasion u roślin dwuletich i 90% u roślin jednorocznych. Rośliny jednoroczne kwitnące jesienią unikały jednak porażenia przez ryjkowca. Wskazuje to na zależność od fenologii rośliny [49]. Badania nad fenologią pozwalają ocenić znaczenie roślinożercy, ustalić jego udział w ogólnej strategii zwalczania chwastu.

Dwa gatunki muchówek z rodzaju *Urophora* są wykorzystywane w Kanadzie do zwalczania zawleczonych z Europy 2 gatunków chabra (*Centaurea diffusa* i *C. maculosa*). Larwy tych muchówek tworzą galasy w kwiatostanach, wskutek czego nie tworzą się nasiona i rośliny tracą wigor [50]. Rośliny porażone były lżejsze od nieporażonych. Ponad 1/4 gatunków introdukowanych do Kanady to fitofagi tworzące galasy.

Z różnych badań wynika, że najskuteczniejsze w zwalczaniu chwastów są fitofagi tworzące galasy w narządach generatywnych. Galas ma zwykle grube ściany, stanowi mieszkanie, zabezpieczenie przed wrogami i pokarm dla rozwijającej się w nim larwy. Okazuje się, że fitofag tworzący galas zmienia fizjologię zaatakowanej rośliny w kierunku korzystnym dla siebie. Do galasu sphywają asymilaty, przez co następuje nie tylko zniekształcanie, ale także silne ogładzanie rośliny. Galasy tworzone przez fitofagi w kwiatach całkowicie hamują wykształcanie się nasion [22]. Oczywiście fitofagi niszczące korzenie czy wegetatywne części nadziemne chwastu także są cenne i często wykorzystywane do biologicznego zwalczania, jednak ich wpływ na liczebność populacji chwastu jest zwykle mniejszy. Są one także introdukowane, zwłaszcza wtedy gdy nie ma gatunków tworzących galasy lub jako dodatek do tamtych. Introdukcja kilku gatunków równocześnie uszkadzających przez cały okres wegetacji różne organy chwastu powoduje ciągły jego stres.

W terenie, gdzie wypuszcza się fitofaga w celu zwalczania chwastu, nie może ten fitofag mieć wrogów naturalnych (patogenów, pasożytów i drapieżców), gdyż mogłyby one ograniczać jego populację [28, 29, 48, 50].

Poza tym fitofag taki powinien być łatwy w masowej hodowli, najlepiej na sztucznych pożywkach.

## Korzystne cechy chwastu

---

Z punktu widzenia walki biologicznej ważne są także określone cechy zwalczanego chwastu. Jako pokarm musi on być przez typowanego fitofaga zdecydowanie preferowany w porównaniu z innymi dziko rosnącymi roślinami. Obecny w środowisku chwast musi być szczególnie atrakcyjny jako roślina żywicielska danego fitofaga. Gatunek chwastu powinien być wyrównany genetycznie, nie tworzyć biotypów o różnej wartości pokarmowej i innych różniących się cechach. Łatwiejszy jest do zwalczania chwast o małej zdolności regeneracyjnej uszkodzonych przez fitofaga

części, o małej zdolności do krzewienia i kompensacji, a więc wykorzystywania wolnej przestrzeni i składników pokarmowych [40, 42].

Lepsze wyniki w biologicznym zwalczaniu chwastu uzyskuje się, gdy ma on małą zdolność indukowania odporności, czyli zdolności obronnych przeciw wszelkim stresom (mechaniczne, porażenie przez fitofagi i patogeny, susza itp.). Szczególnie rośliny tropikalne wykształciły w toku ewolucji silne zdolności tolerowania konkurencji i obrony przed stresami. Bardzo często występują więc w zagęszczonych populacjach [39].

Niekiedy przy próbach zwalczania chwastu zachodzi konflikt interesów różnych grup społecznych. Najważniejszym chwastem w Nowej Zelandii jest *Echium plantagineum*, ale równocześnie stanowi on cenny pożytek dla pszczół, jest ważnym elementem w podszyciu lasu i stanowi paszę dla kóz i ochronę stoków przed erozją [10, 26].

## Wybór gatunku fitofaga do introdukcji

Odpowiednich do introdukcji fitofagów poszukuje się przede wszystkim najpierw w ojczyźnie chwastu. W tym celu funkcjonują w niektórych krajach na różnych kontynentach specjalne stacje badawcze. Finansowane przez USA, Kanadę i Australię funkcjonowały do niedawna 3 takie stacje w Europie Zachodniej: w Grecji, Włoszech i Francji. Obecnie działa połączony i rozbudowany w tym celu ośrodek badawczy w Montpellier we Francji. Podobne stacje są w Pekinie i na Filipinach. W stacjach tych bada się zakres roślin żywicielskich – potencjalnych kandydatów do introdukcji gatunków fitofagów, bionomię samego chwastu, jego powiązania z innymi gatunkami roślin, rozprzestrzenienie, zdolność kompensacji uszkodzeń, fenologię z innymi roślinami i z proponowanym fitofagiem, ewentualne biotypy oraz porównuje się z roślinami na terenie krajów, do których chwast został zawleczony [48].

Nierzadko jednak, mimo dużych wysiłków i wszelakich badań, nie udaje się znaleźć odpowiedniego gatunku fitofaga do introdukcji.

Do USA został zawleczony z Europy bodziszek *Geranium dissectum* i tam stanowi wczesną wiosną jedyny pokarm 3 gatunków ważnych szkodników bawełny i soi w dorzeczu rzeki Mississippi. Na tym chwacie szkodniki te rozwijają wczesną wiosną I pokolenie i stąd już w dużych ilościach przelatują na rośliny uprawne. Jest to chwast występujący w Polsce, ale przede wszystkim w całej południowej Europie. Autor uczestniczył w 3-letnich badaniach poszukiwania odpowiednich do introdukcji do USA fitofagów na terenie Polski, Jugosławii i Włoch. Znaleziono jedynie szpeciela [3], który prawdopodobnie mógłby być wykorzystywany w celu obniżania populacji bodziszka w USA.

Do USA zawleczono także z Europy tak ważne chwasty, jak: powój *Convolvulus arvensis*, oset *Carduus crispus*, wilczomlecz *Euphorbia esula*, *Lythrum salicaria*,



*Hydrilla verticillata*. Poszukiwanie fitofagów tych chwastów w Europie dało możliwość introdukcji szeregu gatunków fitofagów tych chwastów do USA [12].

Na *Lythrum salicaria* zawleczonym do USA z Eurazji znaleziono 50 gatunków owadów na liściach, 3 gatunki na pędach, 6 na organach generatywnych, ale żadnego na korzeniach. Żaden z nich jednak ani wszystkie razem nie obniżały dostatecznie populacji tego chwastu [25].

Dla zwalczania *Toxicodendron radicans* (silnie parząca roślina w USA) przebadano pod tym kątem ponad 100 gatunków owadów i roztoczy i nie znaleziono dotąd odpowiedniego gatunku do kolonizacji czy introdukcji [21].

Na *Solanum eleagnifolia* zanotowano w południowej Afryce ponad 80 gatunków owadów, introdukowano 6 gatunków owadów i 1 nicienia. Ponieważ w tych krajach rośnie kilka gatunków z rodzaju *Solanum* o znaczeniu gospodarczym, trudno jest ten chwast zwalczyć [46].

Chwast *Ambrosia artemisifolia* ma silne alergenny pyłek. W USA znaleziono 500 gatunków jego wrogów naturalnych, w Europie Zachodniej – 10 gatunków, w Jugosławii – 28, jednak żaden nie może być stosowany, gdyż 7 z tych gatunków to równocześnie ważne szkodniki roślin uprawnych, inne to polifagi [38].

Na Florydę introdukowano dotychczas ponad 100 gatunków owadów dla biologicznego zwalczania chwastów, głównie z Azji i Ameryki Południowej, z czego dwie trzecie tych gatunków zaaklimatyzowało się tam. Trzy czwarte tamtejszych chwastów zostało na te kontynenty zawleczonych, połowa z Ameryki Południowej [18].

Do Nowej Zelandii introdukowano w celu biologicznego zwalczania szkodników roślin i chwastów 70 gatunków owadów, lecz tylko 31% zaaklimatyzowało się, a 24% było częściowo lub całkowicie skuteczne [6].

Aby gatunek fitofaga wytypować do introdukcji i rozprzestrzenienia, należy uzyskać zgodę służb kwarantannowych danego kraju. Przykładem procedury tego typu są Stany Zjednoczone AP, gdzie przepisy w tym względzie są szczególnie restrykcyjne. Działa tam służba inspekcyjna "Animal and Plant Health Inspection Service", która na podstawie uzyskanych wyników badań przygotowuje wniosek o introdukcję fitofaga do 12-osobowej komisji "Technical Advisory Group". Komisja ta decyduje o introdukcji. W komisji tej uczestniczą przedstawiciele: rolniczych instytutów badawczych (ARS), Ministerstwa Rolnictwa (USDA), Agencji Ochrony Środowiska (EPA), Ministerstwa Obrony (US Army), Towarzystwa Herbologicznego (WSS) i Rady Botanicznej (NPB) [35].

Dotychczas wykonano już introdukcję fitofagów do 121 krajów, organizmy te pochodzą z 87 krajów. Najczęściej wykorzystywano w tym celu organizmy pochodzące z Europy i krajów śródziemnomorskich. Z Europy jednak, jak dotychczas, niewiele mamy przykładów wprowadzania fitofagów dla biologicznego zwalczania chwastów.

## Mykoherbicydy

Wiele gatunków grzybów jest od wielu lat badanych pod kątem ich wykorzystania jako mykoherbicydy (tab. 1). Bada się gatunki i ich szczepy oraz produkty grzybów (toksyny i enzymy), warunki sporulacji, kiełkowania zarodników, stężenie i warunki przechowywania inokulum, wirulencję, przyczepność i penetrację rośliny (rozwój infekcyjnego procesu chorobowego), produkcję grzyba *in vitro* i rozprzestrzenianie na polu. Wykorzystywane będą tylko takie gatunki grzybów, które działają na roślinę szybko, całkowicie ją niszczą, będą łatwe w stosowaniu, a preparaty z nich sporządzone nie będą zbyt drogie. Korzystny będzie taki gatunek grzyba, który niszczy siewki chwastu i rośliny starsze, wpływa na wzrost, rozmnażanie, obniża konkurencyjność rośliny porażonej w łanie, obniża plon nasion chwastu i może być stosowany w połączeniu z innymi metodami (herbicydami) [24]. Poprawia się formułacje i metody stosowania, aby uzyskać odpowiednią skuteczność [8, 9, 23, 53] i bada ich działanie w połączeniu z syntetycznymi herbicydami [20, 30]).

W 1982 r. wprowadzono do handlu w USA pierwszy mykoherbicyd Collego (firmy Mycogen), a później także preparat Devine (Abbott). Collego przeznaczony jest do zwalczania chwastu *Aeshcynomene virginica* występującego w uprawach ryżu i soi. Jego metabolity są toksyczne dla tego chwastu – powodują hamowanie kiełkowania nasion [15]). W Izraelu opracowano już takie herbicydy w formie granul z żelu z glonów i specjalnych emulsji z oleju, wosków i grzybów z rodzajów *Alternaria* [1], *Fusarium*, *Colletotrichum* i *Phyllosticta* [53]). Z innych gatunków *Colletotrichum* uzyskano herbicyd Biomal do zwalczania *Malva pusilla*, preparat Velgo do zwalczania *Abutilon theophrasti* i *Xanthium theophrasti*, a w Chinach Luboa 2 do zwalczania kianiaki w soi. Na bazie *Alternaria cassiae* uzyskiwany jest w USA preparat Casst (firmy Mycogen) do zwalczania *Cassia obtusifolia* i *C. occidentalis* w uprawach soi i orzeszków ziemnych.

Obiecująco wyglądają badania nad toksynami grzybów z rodzaju *Alternaria* [1, 8, 9, 15, 56]. Związek tentoxin uzyskany z grzybów z rodzaju *Alternaria* okazał się silnie toksyczny dla chwastów w soi i kukurydzy, a jednocześnie nie uszkadzał tych roślin [34]. Związek D 7 z grzybów z rodzaju *Pseudomonas* działa silnie toksycznie na korzenie *Bromus tectorum*. Także preparaty z grupy cyklokarbaminianów (A i B) uzyskane z *Streptovercillium* sp. wykazywały silne przedwzrostowe działanie herbicydalne [6, 47, 51]. W firmie AgrEvo uzyskano nieselektywny herbicyd glufosinate z bakterii glebowych, a w firmie Plant Genetic System – herbicyd bialaphos z grzyba glebowego. Określone enzymy chronią te mikroorganizmy przed toksycznym działaniem na nie same. Wbudowując geny odpowiedzialne za produkcję tych enzymów do tytoniu, rzepaku, kukurydzy i innych roślin uzyskano odmiany, na plantacjach których można było niszczyć wszystkie chwasty.

Wszystkich tych preparatów sprzedano jednak dotąd zaledwie za sumę ok. 1 miliona dolarów. Ich skuteczność jest w dużym stopniu zależna od warunków klima-

Tabela 1. Grzyby badane lub wykorzystywane do biologicznego zwalczania chwastów

Grzyb	Chwast	Kraj
<i>Aecidium</i> spp.	<i>Senecio madascariensis</i>	Argentyna
<i>Alternaria cassiae</i>	sicklepod	USA
<i>Alternaria alternata</i>	sicklepod	Egipt
<i>Bipolaris</i> spp.	<i>Sorghum halepense</i>	Kanada, USA
<i>Bipolaris setariae</i>	<i>Eleusine indica</i>	USA
<i>Chodrostereum purpureum</i>	<i>Prunus serotina</i>	Holandia
<i>Colletotrichum capsici</i>	<i>Ipomoea lacunosa</i>	USA
<i>Colletotrichum coccoides</i>	<i>Abutilon theophrasti</i>	USA
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	<i>Malva pusilla</i>	Kanada
<i>Colletotrichum orbiculare</i>	<i>Xanthium spinosum</i>	Australia
<i>Colletotrichum trifolii</i>	<i>Medicago lupulina</i>	Kanada
<i>Colletotrichum truncatum</i>	<i>Sesbania exaltata</i>	USA
<i>Epinaceum nigrum</i>	<i>Sesbania exaltata</i>	Indie
<i>Fusarium palidoroseum</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	USA
<i>Fusarium solani</i>	<i>Cucurbita texana</i>	USA
<i>Fusarium chlamydosporum</i>	<i>Eichhornia crassipes</i>	USA
<i>Helminthosporium</i>	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Brazylia
<i>Phoma sorgina</i>	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Brazylia
<i>Pleospora papaveracea</i>	<i>Papaver rhoeas</i>	Włochy
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Bromus tectorum</i>	USA
<i>Puccinia</i> spp.	<i>Carduus</i> spp.	USA
<i>Puccinia canaliculata</i>	<i>Cyperus</i>	USA
<i>Puccinia cnici</i>	<i>Cirsium vulgare</i>	Australia
<i>Puccinia jaceae</i>	<i>Centaurea cyanus</i>	Francja, Kanada
<i>Puccinia melampodii</i>	<i>Parthenium hysterophorus</i>	Wielka Brytania
<i>Puccinia abrupta</i>	<i>Parthenium hysterophorus</i>	Wielka Brytania
<i>Pyricularia</i> sp.	<i>Parthenium hysterophorus</i>	Wielka Brytania
<i>Ramularia rubella</i>	<i>Rumex crispus</i>	Szwajcaria
<i>Sphacelotheca ophiuri</i>	<i>Rotboelia cochinchinensis</i>	Wielka Brytania
<i>Ulocladium atrum</i>	<i>Orobanche crenata</i>	Syria
<i>Uromyces rumicis</i>	<i>Rumex obtusifolius</i>	Wielka Brytania

tycznych, szczepu patogena wykorzystywanego do produkcji mykoherbicydu i cech przygotowanego preparatu.

Specjalną grupę herbicydów hamujących wzrost roślin mogą stanowić allelopatyny izolowane z roślin lądowych i wodnych oraz z gleby. Allelopatyny uzyskane w USA z roślin ryżu ograniczały rozwój chwastów w różnych uprawach [43].

## Przykłady udanych akcji

Dysponujemy obecnie kilkunastoma przykładami udanych zabiegów, w których uzyskano wyraźne sukcesy w biologicznym zwalczaniu chwastów. Te sukcesy są mierzone wyrażonym w procentach zmniejszeniem liczebności populacji chwastu na danym terenie. Efektownym przykładem jest zwalczanie opuncji przez zastosowanie czerwców z rodzaju *Dactylopus* i omacnicy *Cactoblastis cactorum*. Owady te rozprzestrzeniano od 1895 r. wielokrotnie, uzyskując całkowite wyeliminowanie lub znaczne obniżenie populacji. Oba te gatunki zwykle aklimatyzowały się na terenach, gdzie zostały zastosowane. Tą drogą ograniczono występowanie opuncji w Indiach, na Sri Lance, w Indonezji, Południowej Afryce, Madagaskarze, Australii [5].

Innym przykładem jest oset (*Carduus mutans*), który zwalczono w Kanadzie wykorzystując ryjkowca *Rhinocyllus conicus* [31].

Dziurawiec pospolity stał się chwastem często występującym w Kanadzie i USA. Od 1946 r. jest zwalczany przez stosowanie chrząszcza z rodziny stonkowatych *Chrysolina quadrigemina* i pryszczarków z rodzaju *Zeuxidiplosis*, a nawet mszycy. W ponad połowie przypadków wypuszczania tych fitofagów uzyskiwano całkowite lub częściowe zniszczenie chwastu [19].

Chwast *Lantana camara* (*Verbenaceae*) był dotychczas 21 razy skutecznie zwalczany przez rozprzestrzenianie 6 gatunków owadów (pluskwiaków, chrząszczy i motyli). Skuteczność tych zabiegów wynosiła od 58 do 90% [45].

W celu zwalczania chabrów (*Centaurea maculosa* i *C. diffusa*) zawleczonych z Europy introdukowano do Północnej Ameryki 11 europejskich gatunków owadów. Mimo że uzyskiwano obniżenie produkcji nasion nawet o 95%, zasięg tych chwastów wzrósł tam w ostatniej dekadzie ponad 2-krotnie. Dopiero introdukcja muchówki *Urophora aphinis* doprowadziła do uzyskania dobrych rezultatów w ograniczeniu występowania chabrów [14, 43, 44, 50].

Opisywane są także skuteczne akcje zwalczania za pomocą fitofagów starca (*Senecio jacobaeae*), ostrożnia (*Cirsium arvense*), wilczomlecza (*Euphorbia spp.*) [17, 18], malwy (*Malva pusilla*), maku (*Papaver rhoes*) i innych [12]. Można podać także kilka przykładów bardzo udanych akcji zwalczania chwastów wodnych na różnych kontynentach [6, 7].

Jak dotychczas najlepsze efekty uzyskiwano wykorzystując do introdukcji owady z rodzin: chrząszcze ryjkowce (*Coleoptera, Curculionidae*) i stonkowate (*Chrysome-*



*lidae*), motyle omacnicowate (*Lepidoptera, Pyralidae*) i muchówki przyszczarkowate (*Diptera, Itonidiidae*). Uzyskiwano skuteczność odpowiednio: 26, 23, 24, 33%. Dla muchówek uzyskiwano skuteczność 15%, a dla motyli 14%. Crawley [7] podaje, że przed 1980 rokiem zabiegi były skuteczne średnio w 14%, przy aklimatyzacji 65%, podczas gdy zabiegi stosowane po 1980 r. charakteryzowały się skutecznością zmniejszoną do 8%, przy aklimatyzacji rzędu 44%. Autor ten uważa, że do 1980 r. wyczerpano przykłady akcji najłatwiejszych i najskuteczniejszych i każda następna akcja będzie trudniejsza i mniej skuteczna. Takie przewidywanie mogłoby zniechęcać do dalszych badań i prób introdukcji. Równocześnie jednak dane amerykańskie wskazują, że dotychczasowe zabiegi nad biologicznym zwalczaniem chwastów były bardzo tanie i wysoce opłacalne. Każdy dolar wydany na ten cel zwracał się w Ameryce Północnej od 10- do 50-krotnie.

## Aktualne kierunki badań i prób

Obecnie w bardzo wielu krajach są podejmowane różnorakie próby biologicznego zwalczania chwastów. Przede wszystkim poszukuje się skutecznych fitofagów do kolonizacji i introdukcji. Bada się bionomię i zachowanie się fitofaga, biologię chwastu i jego rozprzestrzenienie, fenologię rozwoju fitofaga i chwastu. Próbuje się wykorzystywać wszelkie możliwe fitofagi.

W Japonii w uprawie ryżu wykorzystuje się robaki żyjące w mule na polach ryżowych, które ograniczają wzrost chwastów, a równocześnie stanowią pokarm ryb także niszczących chwasty w tej uprawie [32].

W Stanach Zjednoczonych dokonano skutecznych prób uczenia spożywania przez jagnięta i kozy wilczomlecza [54]. Nasiona tych chwastów, po przejściu przez przewód pokarmowy tych zwierząt, zwłaszcza owiec, miały obniżoną zdolność kiełkowania [33].

Są próby łączenia mykoherbicydów z małymi dawkami syntetycznych herbicydów. W USA w ten sposób próbowano zwalczać powój [24]. Messersmith i Adkins [41] obserwowali przy łączeniu tych herbicydów działanie addytywne, synergistyczne lub antagonistyczne.

Intensywne badania dotyczą także dopełniaczy, które często istotnie zwiększają działanie mykoherbicydów lub ułatwiają ich rozprzestrzenienie [9]. W USA stwierdzono na przykład, że zielone żaby bardzo rozprzestrzeniają *Colletotrichum gloeosporioides* na *Malva pusilla* [55].

W Polsce badania z tego zakresu zainicjował prof. Lipa, badając faunę chwastów roślin krzyżowych [37], a następnie szpeciela na *Lepidium draba* [36]. Dalsze badania Boczka i Maciejczyk [2] dotyczyły szpecieli na różnych chwastach.

1. Metoda biologicznego zwalczania chwastów jest trudniejsza w wykonaniu i wymaga większej precyzji zabiegów niż inne metody. W ostatecznym efekcie jest jednak bardzo opłacalna, choć często zawodna. Jej skuteczność jest funkcją zakresu badań, jakie poprzedziły jej wprowadzenie do praktyki w danym kraju. W krajach, gdzie na ten cel przeznaczono spore finanse, uzyskiwano zwykle dobre efekty.
2. Nie jest konieczna pełna eliminacja chwastu przez roślinożercę. Często zmniejszenie rozrodczości chwastu, zdolności do obniżenia konkurencji w stosunku do innych gatunków roślin wystarcza, aby chwast stracił znaczenie gospodarcze.
3. Nie udało się dotychczas tą metodą (jak i innymi) zwalczyć żadnego gatunku chwastu. Szereg akcji uważa się jednak za skuteczne. Konieczne są dalsze intensywne badania nad innymi gatunkami roślinożerców i nad samymi chwastami.
4. Do introdukcji nadają się szczególnie fitofagi atakujące narządy generatywne chwastu, zwłaszcza powodujące tworzenie galasów, jednak gatunki uszkadzające inne części rośliny chwastu także mogą i są często wykorzystywane. Należy działać w tym kierunku, aby rośliny chwastów były pod wpływem ciągłego stresu.
5. Wyniki z jednego, nawet sąsiedniego, kraju na temat biologicznego zwalczania chwastów nie mogą być zwykle wykorzystane w innych krajach.
6. Metoda biologiczna może być i często jest elementem integrowanej walki z chwastami i może być łączona z innymi metodami.

## Literatura

- [1] Amsellen Z., Sharon A., Gressel J., Quimby P.C. 1990. Complete abolition of high inoculum threshold of two mycoherbicides (*Alternaria cassiae* and *A. crassa*) when applied in invert emulsion. *Phytopathology* 80: 925–929.
- [2] Boczek J., Maciejczyk K. 1994. Szpeciele (Acari: Eriophyoidea) występujące na chwastach w Polsce. *Post. Nauk Roln.* 250(4): 57–62.
- [3] Boczek J., Petanovic R. Eriophyid mites of *Geranium* spp. (Geraniaceae) plants. II. Description of two new species. *Bull. Pol. Acad. Sci., Biol. Sci.* 41: 401–404.
- [4] Brown R.E. 1989. Biological control of tansy ragwort (*Senecio jacobaea*) in western Oregon. *Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds* 299–305.
- [5] Cameron P.J., Hill R.L., Bain J., Thomas W.P. 1993. Analysis of importations for biological control of insect pests and weeds in New Zealand. *Biocontrol Sci. Technol.* 3: 387–404.
- [6] Center T.D., Confrancesco A.F., Balciunas J.K. 1989. Biological control of aquatic and wetland weeds in the southern United States. *Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds*: 239–262.
- [7] Crawley M.J. 1989. Plant life history and the success of weed biological control projects. *Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds*: 17–26.
- [8] Cutler H.G. 1988. Perspectives on discovery of microbial phytotoxins with herbicidal activity. *Weed Technol.* 2: 525–532.
- [9] Daigle D.J., Connick W.J., Quimby P.C., Evans J., Trask-Morrell B., Fulgham F.E. 1990. Invert emulsions: carrier and water source for the mycoherbicide, *Alternaria cassiae*. *Weed Sci.* 4: 327–331.

- [10] Defosse E.S. 1989. Echium in Astralia. Proc.VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 117.
- [11] Dennill G.B. 1989. Why a gall former can be a good biocontrol agent: the gall wasp *Trichilogaster acaciaelongifoliae* and the weed *Acacia longifolia*. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 37.
- [12] Dennill G.B., Moran V.C. 1989. On insect-plant associations in agriculture and the selection of agents for weed biocontrol. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 3.
- [13] Diehl J.W., McEvoy P.B. 1989. Impact of the cinnabar moth (*Tyria jacobaeae*) a non-target native plant in Oregon. Proc.VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 119–126.
- [14] Dunn P., Campobasco G. 1989. Host damage by *Pterolonche inspersa* (Lepidoptera: Pterolonchidae) and *Bangasternus fausti* (Coleoptera: Curculionidae) on diffuse knapweed (*Centaurea diffusa*). Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 171.
- [15] Faull J.L., Powell K.A. 1995. Biological control agents. in: C.R.A. Godfrey (ed.) "Agrochemicals from natural products". M. Decker, Inc. 369–393.
- [16] Field R.P. 1989. Progress towards biological control of ragwort in Australia. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 315–322.
- [17] Frank J. H., McCoy E.D. 1993. The introduction of insects into Florida. *Fla. Entomol.* 76: 1–53.
- [18] Fornasari L., Stazi M. 1989. *Aphthona abdominalis* (Coleoptera: Chrysomelidae) a candidate biological control agent for the leafy spurge (*Euphorbia esula*) "complex" control in the USA. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 595.
- [19] Fraser B.R., Emberson R.M. 1989. Photoperiod and reproductive diapause in the St. John's wort beetle *Chrysolina hyperici*. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 323–328.
- [20] Grant N.T., Prusinkiewicz E., Makowski M.R.D. 1990. Herbicide interactions with *Colletotrichum gloeosporioides* f.sp.malvae a bioherbicide for round leaved mallow (*Malva pusilla*) control. *Weed Technol.* 4: 716–723.
- [21] Habeck D.H. 1989. Insects associated with poison ivy and their potential as biological control agents. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 329–337.
- [22] Harris P. 1989. Feeding strategy, coexistence and impact of insects in spotted knapweed capitula. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 39–47.
- [23] Hasan S., Ayres P.G. 1990. The control of weeds through fungi: principles and prospects. *New Phytol.* 115: 201–222.
- [24] Heiny D.K. 1992. Field survival of *Phoma proboscis* and synergism with herbicides for control of field bindweed. *Plant Disease* 78: 12.
- [25] Hight S.D. 1989. Available feeding niches in populations of *Lythrum salicaria* (purple loosestrife) in the northeastern United States. Proc.VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 269–278.
- [26] Hill R.L. Environmental protection procedures and the biological control programme against gorse in Nea Zealand. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 127–133.
- [27] James D.G., McEvoy P.B., Cox C.S. 1992. Combining the cinnabar moth (*Tyria jacobaeae*) and the ragwort flea beetle (*Longitarsus jacobaeae*): an experimental analysis. *J. Appl. Ecol.* 29: 589–596.
- [28] James D.G., Miller J.C., Lighthart B. 1993. *Bacillus thuringiensis* var.kurstaki affects a beneficial insect, the cinnabar moth (Lepidoptera:Arctiidae).*J. Econ. Entomol.* 86: 334–339.
- [29] James D.G., Stevens M.M. 1992. *Stenomesus japonicus* (Hymenoptera:Eulophidae) a parasitoid of the introduced biological control agent *Dialectica scalariella* (Zeller) (Lepid.: Gracillaridae).*J. Aust. Entomol. Soc.* 31: 233–234.
- [30] Khodayari K., Smith R.J. 1988. Mycoherbicide integrated with fungicides in rice, *Oryza sativa*. *Weed Technol.* 2: 282–285.
- [31] Kok L.T. 1989. Biological control of weeds in Virginia from 1969–86. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 623–629.
- [32] Kurihara Y., Kikuchi E. 1988. The use of tubificids for weeding and aquaculture in paddy fields in Japan. *J. Trop. Ecol.* 4: 393–401.
- [33] Lacey J.R., Wallander R., Olson-Rutz K. 1992. Recovery, germinability, and viability of leafy spurge (*Euphorbia esula*) seeds ingested by sheep and goats. *Weed Technol.* 6: 599–602.

- [34] Lax A.R., Shepherd H.S., Edwards J.V. 1988. Tentoxin, a chlorosis-inducing toxin from *Alternaria* as a potential herbicide. *Weed Technol.* 2: 540–544.
- [35] Lima P.J. 1989. United States Department of Agriculture (USDA) safeguards for introducing natural enemies for biological control of weeds. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 109–115.
- [36] Lipa J.J. 1976. A new record of *Aceria drabae* (Nal.) (Eriophyidae, Acarina) a weed *Cardaria draba* L.(Cruciferae) in Poland. *Bull. Acad. Pol. Sci., Biol. Sci.* 24: 457–459.
- [37] Lipa J.J., Studziński A., Małachowska. 1974. Current studies on the entomofauna of cruciferous weeds in Poland. Third Int. Symp. Biol. Control of weeds, Montpellier, Misc. Publ. 8: 15–22.
- [38] Macelski M., Igrc J. 1989. The phytophagous insect fauna of *Ambrosia artemisiifolia* in Yugoslavia. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 639–643.
- [39] McEvoy P.B., Cox C.S., James R.R., Rudd N.T. 1989. Ecological mechanisms underlying successful biological weed control: field experiments with ragwort *Senecio jacobaea*. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 55–66.
- [40] Meijden van E. 1989. Plant's response to herbivory: the trade off between defence and regrowth. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 137–144.
- [41] Messersmith C.G., Adkins S.W. 1995. Integrating weed-feeding insects and herbicides for weed control. *Weed Technol.* 9: 1.
- [42] Meyers J.H., Risley C., Eng R. 1989. The ability of plants to compensate for insect attack: why biological control of weeds with insects is so difficult. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 67–73.
- [43] Muller H. 1989. An experimental and phytocentric approach for selecting effective biological control agents: insects on spotted and diffuse knapweed, *Centaurea maculosa* and *C. diffusa* (Compositae). Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 181–190.
- [44] Mueller-Schaerer H., Schroeder D. 1993. The biological control of *Centaurea* sp. in North America: do insects solve the problem? In: "Biological control: use of living organisms in the management of invertebrate pests, pathogens and weeds" 37: 343–353.
- [45] Naser S., Cilliers C.J. 1989. Works towards biological control of *Lantana camara* perspectives. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 363–369.
- [46] Naser S., Zimmermann H.E., Hoffmann J.H. 1989. Progress and prospects for the biological control of two *Solanum* weeds in South Africa. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 371–381.
- [47] Putnam A.R. 1988. Allelochemicals from plants as herbicides. *Weed Technol.* 2: 510–518.
- [48] Shepherd R.C.H. 1989. Problems which arise with host specificity testing of insects. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 85–92.
- [49] Sheppard A.W., Cullen J.M., Aeschlimann J.P., Saggiocco J.L., Vitou J. 1989. The importance of insect herbivores relative to other limiting factors on weed population dynamics: a case study of *Carduus nutans*. Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 211–219.
- [50] Shorthouse J.D. 1989. Modification of flowerheads of diffuse knapweed by the gallinducers *Urophora affinis* and *U. quadrifasciata* (Diptera: Tephritidae). Proc. VII Int. Symp. Biol. Contr. Weeds.: 221–228.
- [51] Strobel G., Sugawara F., Hershenson J. 1992. Pathogens and their products affecting weedy plants. *Phytoparasitica* 20: 307–323.
- [52] Tschinkel W.L. 1987. The fire-ant, *Solenopsis invicta* as a successful "weed". In: Eder J., Rembold H. eds. "Chemistry and biology of social insects", 585–588.
- [53] Walker H.L., Connick W.L., Quimby P.C. 1988. Method for the preparation of mycoherbicide-containing pellets. Bibliogr. cit.
- [54] Walker J.W., Hemenway H.G., Hatfield P.G. 1992. Training lambs to be weed eaters: studies with leafy spurge. *J. Range Management.* 45: 245–249.
- [55] Yang X.B., TeNest D.O. 1992. Green treefrogs as vectors of *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Dis.* 76: 1266–1269.
- [56] Yang S.M., Johnson D.R., Dowler W.M., Connick W.J. 1993. Infection of leafy spurge by *Alternaria alternata* and *A. angustiovoidea* in the absence of dew. *Phytopathology* 83: 953–958.



## **Present progress and perspectives of biological weed control**

### Summary

This review presents: 1) advantageous characteristics of phytophagous organisms recommended for biological weed control, 2) advantageous characteristics of weed plants selected for biological control, 3) criteria and methods of selection of herbivorous organisms for introduction, 4) mycoherbicides, 5) examples of effective actions, 6) current directions of studies and trial introductions, 7) conclusions.

It accentuates that the biological method is more difficult than other methods but often profitable and effective. Most effective are phytophagous organisms attacking generative weed organs, especially those causing the formation of galls. Good results were obtained both in biological control of water and land weeds, particularly in the USA, Canada, South Africa, Australia and New Zealand.