

Wykorzystanie miejscowych szczepów strzępczaków owadobójczych do biologicznego zwalczania szkodników

Elżbieta Mierzejewska

*Zakład Agrocenologii Instytutu Ekologii PAN
Dziekanów Leśny, ul. Konopnickiej 1, 05-092 Łomianki*

Słowa kluczowe: biologiczne zwalczanie — introdukcje, zasilenia, *Beauveria bassiana*, chrabąszcz majowy *Melolontha melolontha*

Od zastosowań do weryfikacji opinii

Odkąd zdaliśmy sobie sprawę z niekorzystnych oddziaływań chemicznych środków ochrony roślin, zwłaszcza DDT, nie tylko na zwalczane owady szkodniki, powróciły do łask tak zwane metody naturalne — eliminacja lub ograniczanie populacji niepożądanych gatunków przy pomocy ich drapieżców, pasożytów, patogenów i konkurentów.

Dzięki coraz liczniejszym zastosowaniom tych metod (definiowanych dzisiaj jako klasyczne zwalczanie biologiczne) w ostatnim ćwierćwieczu znacząco wzbogaciła się i pogłębiła praktyczna wiedza tak o bezpośrednim, jak o pośrednim uzależnieniu jednych organizmów od innych (np. w obrębie sieci troficznej) oraz od rozmaitych czynników abiotycznych. Obok spektakularnych sukcesów odnotowano cały szereg dotkliwych porażek, które były najbardziej pouczające.

Nie powiodła się hodowla polifagicznych roślinożerców, m.in. amurów w zarażających zbiornikach wodnych; amury nie tylko wyniszczyły całą wodną roślinność (w tym rzadką i chronioną), ale też doprowadziły do konkurencyjnego wyparcia wielu gatunków mniej ekspansywnych ryb. Podobnie ryby z rodzaju *Gambusia*, introdukowane w kilku częściach świata do zwalczania komarów, okazały się wrogami kilku innych przedstawicieli wodnej fauny. Polowały na rzadkie gatunki ryb [19, 23]. Nie powiodła się introdukcja pluskwiaka *Teleonema scrupulosa* przeciwko roślinie *Lantana camara* — pluskwiak zaatakował uprawy sezamu. Drapieżne ślimaki *Gonaxus* sp. i *Euglandina rosea*, sprowadzone na wyspy Oceanu Indyjskiego i Pacyfiku przeciwko ślimakowi — szkodnikowi upraw, *Achatina fulica*, doprowadziły do wyginięcia

całego zespołu endemicznych ślimaków związanych ze środowiskiem leśnym [27, 31]. Taki sam efekt wystąpił po introdukcji mrówek *Solenopsis invicta* do południo-wo-wschodniej części USA. Buren [8] wyliczył, że należałoby sprowadzić od 20 do 30 gatunków mrówek z Ameryki Południowej, aby przywrócić utraconą różnorodność w obrębie tego taksonu na wschodzie USA.

Eksperci zwalczania owadów preparatami zawierającymi toksyny *B. thuringiensis* oraz wyposazania genomu roślin uprawnych w gen kodujący produkcję tych toksyn ostrzegają, że jest ono skuteczne zaledwie przez kilka lat. Toksyna działa jak syntetyk chemiczny. Owady tworzą odporne na nią rasy w bardzo krótkim czasie [22].

Badacze zaniepokojeni opisanymi wypadkami — wynikającymi z niedostatecznej wiedzy czy też z braku intuicji ekologicznej — poddali weryfikacji przekonanie o „absolutnej nieszkodliwości” posługiwania się w zwalczaniu szkodników i chwastów ich naturalnymi wrogami [9, 25, 31]. Wkrótce po pierwszych doniesieniach o niekorzystnych skutkach ubocznych introdukcji rozmaitych gatunków w wielu placówkach naukowych zaczęto sprawdzać, czy gatunek dobroczynny w jednej części świata w innej nie zmieni się w kolejnego szkodnika, dla którego znów trzeba będzie poszukiwać specyficznego antagonisty.

Opracowano cały szereg testów pomocnych przy podejmowaniu decyzji w dziedzinie biologicznych interwencji. O testach głodowych dla owadów roślinożernych (znajdujących zastosowanie w zwalczaniu chwastów) oraz o testach specyficzności dla pasożytów i parazytoidów owadzich pisze Greathead [13].

Najnowsze zalecenia zarówno specjalistów ochrony roślin, jak i ekologów *sensu stricto* dotyczą nie tylko przestrzegania reżimów hodowli, uprawy, transportu i kwarantanny tak zwanych gatunków pożytecznych, lecz także skrupulatnego sprawdzania spektrów działania czy też, mówiąc innymi słowy, zdolności przystosowawczych wszystkich gatunków, które mają być introdukowane na tereny dotąd im zupełnie obce [16, 31].

Ekolodzy w przeważającej większości uznają, iż wykorzystywanie żywych organizmów przeciw innym żywym organizmom z natury rzeczy związane jest z ryzykiem, z nieprzewidywalnymi skutkami — zarówno natychmiastowymi, jak i odległymi w czasie. Działanie na przyrodę ożywioną syntetycznymi substancjami chemicznymi niepodlegającymi procesom ewolucyjnym, podobnie jak drogi i tempo rozkładu pestycydów syntetycznych i naturalnych jest o wiele łatwiej badać i łatwiej przewidywać niż wzajemne oddziaływania zmiennych z natury istot żywych. Z drugiej strony byłoby celowe w praktykach biologicznego zwalczania nie nadużywać bakterii oraz wyciągów roślinnych, których efekt zależy od pojedynczej substancji toksycznej. Nazywanie takiego zwalczania biologicznym, jest w pewnym sensie manipulacją. Mechanizm powstawania niewrażliwości na toksynę jest bowiem taki sam jak na insektycyd czy herbicyd. Istotne dla ochrony środowiska różnice między syntetykami chemicznymi i substancjami pochodzenia roślinnego czy bakteryjnego mogą (choć nie muszą) występować dopiero na etapie rozkładu tych substancji. Natural-

ne toksyny są zwykle rozkładane szybciej — wskutek ewolucyjnych przystosowań. Coraz częściej jednak naukowcy z przykrością wykazują, iż wiele roślin produkuje trucizny, których zabójcze działanie na ludzi ujawnia się po wieloletnim kontakcie z ich skoncentrowanymi wyciągami, uznawanymi za nieszkodliwe tylko dlatego, że są naturalne [18]. Jeszcze raz potwierdzona zostaje, tym razem w domenie biologicznego zwalczania, słusność słynnego powiedzenia Paracelsusa „wszystko jest trucizną i nic nie jest trucizną, bo tylko dawka czyni truciznę”.

Propagatorzy zwalczania wrogich nam gatunków z zastosowaniem monofagicznych drapieżców, pasożytoidów i patogenów reprezentują pogląd, iż tylko monofagi można stosować bez ryzyka [12, 13, 31].

Nieliczna grupa badaczy skłania się jednak ku zwalczaniu przy pomocy polifagów, argumentując, że istnieją możliwości takiego ich doboru, dzięki któremu uzyska się ekonomicznie istotne ograniczenie rozwoju całych zespołów niepożądanych organizmów, nie tylko pojedynczych gatunków [32].

W komentarzu do tych poglądów pojawiły się ostatnio opinie, że monofagi mogą pośrednio wpływać na równowagę biocenotyczną w całej uprawie. Kiedy wyniszczą szkodnika będącego także żywicielem dla pasożytów polifagicznych, pasożyty te także ucierpią, a wraz z nimi kolejne ogniwa łańcucha troficznego. Poza tym, skąd pewność, że monofag nagle wskutek nieprzewidywalnych bodźców nie zmieni diety. Nawet monofagi nie są więc bezwzględnie bezpieczne jako czynniki biologicznej regulacji. Mogą sprzyjać wymieraniu gatunków niebędących bezpośrednio celem ich ataku. A zachowanie istniejącej różnorodności gatunkowej jest teraz jednym z ważniejszych zadań, jakie sobie stawiamy w programie ochrony przyrody [30].

W innych kwestiach teoretycznych ścierają się także dwie grupy „biologicznych ochroniarzy”: zwolennicy zwalczania klasycznego i neoklasycznego. Jedni, reprezentowani m. in. przez Waage i Greatheada [33], są zdania, że tylko dobrze poznani odwieczni wrogowie określonego szkodnika mogą znaleźć zastosowanie w jego zwalczaniu. Drudzy stawiają na zwalczanie szkodników i chwastów przy pomocy ich nowo odkrytych antagonistów, np. pasożytów, z którymi organizmy te nie miały nigdy przedtem żadnej styczności. Dowodzą, iż brak kontaktu wyklucza koewolucję, co powinno zapewnić większą skuteczność zwalczania, gdyż koewolucja zmierza w kierunku osłabienia zjadliwości patogenów, zmniejszenia szkodliwości pasożytów [14, 15]. Niektórzy badacze uzależniają stosowanie poszczególnych drobnoustrojów w zwalczaniu przede wszystkim od ich powinowactwa do tzw. gatunków zwornikowych [24].

Takie akademickie spory i nowiny powodują, że do stosowania metod naturalnych nauka podchodzi dzisiaj z ostrożnością znacznie większą niż w okresie ich upowszechnienia w skali świata, kiedy jeszcze nie istniały syntetyczne pestycydy i nie można było wybierać między zwalczaniem biologicznym i chemicznym. Producenci „zdrowej” żywności muszą jednak sobie radzić mimo zaostżeń warunków importu tak zwanych gatunków pożytecznych i ograniczeń stosowania niektórych niespecyficznych drobnoustrojów czy też polifagicznych drapieżców.

Część z nich rezygnuje z systemu rolnictwa ekologicznego, inaczej zwanego organicznym, na rzecz Integrowanego Systemu Rolnictwa (ang. IFS — Integrated Farming System). W nim nie odchodzi się całkowicie od stosowania pestycydów. Są one akceptowane w sytuacjach krytycznego zagrożenia i wtedy, kiedy metody biologiczne zawodzą. Zmniejsza to straty producenta, umożliwiając jednocześnie uzyskiwanie produktów wyższej jakości niż dostarczane przez rolnictwo tradycyjne czyli, mówiąc innymi słowy, z jednej strony zabezpiecza zysk rolnika, z drugiej ma na względzie ochronę środowiska i zdrowia konsumentów [7].

W systemie integrowanej produkcji rolniczej najmocniej podkreśla się jednak znaczenie wykorzystania istniejących lokalnie czynników, np. pasożytów, drapieżców i patogenów szkodników, eksploatorów chwastów, m.in. poprzez ich ochronę, ale także tak zwane zasilanie (ang. augmentation) upraw zagrożonych przez choroby w antagonistów lub konkurentów sprawców chorób roślin, a upraw zagrożonych przez roślinożerców w ich patogeny i drapieżców (naturalnie występują one zazwyczaj w zbyt słabym natężeniu, aby działać z istotnym ekonomicznie skutkiem).

Umiejętne wykorzystanie miejscowych gatunków limitujących rozwój populacji organizmów niepożądanych wydaje się rzeczywiście najmniej obciążone ryzykiem. Ogranicza się do określonego obszaru, nie wprowadza nowej jakości, nie wiąże się z powołaniem do życia nowych asocjacji, nie polega na działaniu poprzez pojedynczą substancję chemiczną, modyfikuje jedynie stosunki ilościowe między lokalnymi populacjami, zmieniając rezultat ich wzajemnych relacji w kierunku korzystnym dla ludzi.

Przy wykorzystywaniu miejscowych gatunków unika się problemów wynikających z faktu nierespektowania granic państw przez rośliny i zwierzęta. A trzeba już takie problemy bardzo poważnie uwzględniać w kalkulacjach. Najnowsze projekty Międzynarodowej Organizacji ds. Biologicznego Zwalczania (ang. IOBC — International Organization for Biological Control) przewidują zawieranie umów międzynarodowych i ubieganie się u sąsiadów o przyzwolenia na introdukcje (inaczej: interwencyjny import) gatunku obcego dla danej strefy. (W Polsce w 1997 roku powołano Komisję ds. Rejestracji Środków Biotechnicznego i Biologicznego Zwalczania, która popiera tę inicjatywę).

„Zabezpieczanie” istniejących gatunków lub zasilanie ich szeregów w populacje specjalnie wyhodowane poza terenem upraw oczywiście odbywać się musi niezależnie od niezbędnych zabiegów agrotechnicznych i innych. Badania sposobów optymalizacji tego typu praktyk muszą więc także uwzględniać wpływy orki, nawożenia, obecności pestycydów, organizacji przestrzeni rolniczej itp. Dopiero zestawienie kompleksu wyników upoważnia do oceny uwarunkowań powodzenia biologicznego zabiegu.

Podobnie jak nie ma jeszcze światowych przepisów regulujących zasady prowadzenia obcych gatunków (przepisy dotyczące kontynentu wprowadziła jak dotąd tylko Australia), nie ma też powszechnie przyjętych wytycznych odnoszących się do poziomu patogeniczności dla różnych żywicieli, przy której stosowanie poszczególnych

gatunków drobnoustrojów w zwalczaniu określonego szkodnika byłoby zalecane. Rolnicy, podejmujący próby biologiczne zwalczania w produkcyjnych uprawach, kierują się głównie wynikami doświadczeń z ich terenu, zwracając uwagę tylko na skuteczność zabiegów w stosunku do szkodników. Większość z nich zaniedbuje obserwacje gatunków pożytecznych i neutralnych, które także mogą podlegać działaniu biopreparatu.

O biopreparatach z grzybów owadobójczych w Polsce i na świecie

Pracownia Biologicznych Metod Zwalczania Szkodników Zakładu Agrocenologii Instytutu Ekologii PAN (którą tu reprezentuję) od wielu lat ma za cel wprowadzenie do rodzimej praktyki rolniczej biopreparatów sporządzonych z grzybów, strzępczaków owadobójczych, porażających w terenie rozmaite owady, także szkodniki [3]. Grzyby owadobójcze zwróciły uwagę naukowców już w XIX wieku. Zapomniano o nich w latach triumfu insektycydów chemicznych, ale w ostatnim trzydziestoleciu wróciły do łask i są z powodzeniem stosowane (choć w niewielkiej skali) w rolnictwie ekologicznym zachodniej Europy, USA, krajów Ameryki Łacińskiej, Australii. Rezultaty zastosowań praktycznych i badań im towarzyszących wskazują nie tylko na możliwość, lecz także na celowość wprowadzania biopreparatów grzybowych w miejsce insektycydów chemicznych, zwłaszcza w sytuacjach, gdy trzeba zwalczać szkodniki przemieszczające się pionowo w glebie, stosownie do zmian poziomu wód gruntowych i zasięgu strefy korzeniowej.

Biopreparaty z miejscowych szczepów mikroorganizmów porażających szkodniki są lansowane najszerzej. A jest tak, ponieważ zebrano wiele danych świadczących na niekorzyść stosowania ekotypów z importu, które wykształciły się pod wpływem innych niż lokalne czynniki selekcyjnych, jak np. zakres wahań temperatur.

Zgodnie z przekonaniem, że żadne symulacje laboratoryjne nie stworzą tak skomplikowanych układów, jakie tworzy natura, ocena skuteczności i czasu oddziaływania biopreparatów prowadzona metodami laboratoryjnymi jest dzisiaj przez większość badaczy uznawana za nieadekwatną. Dopiero powtarzalność pozytywnych efektów eksperymentalnych działań terenowych upoważnia do interwencyjnych zastosowań na obszarach produkcyjnych.

Rutynowe działania przy typowaniu miejscowych patogenów szkodników do ich zwalczania

Przykład czynności podjętych w IE PAN pozwala zorientować się w metodach i badaniach ekologów (*sensu stricto*) zmierzających do stosowania miejscowych patogenów groźnych fitofagów z uwzględnieniem innych praktyk ochrony roślin. Badania te są zawsze wieloetapowe i obejmują coraz więcej czynników jednocześnie. W ich fazie wstępnej ustala się, czy mikroorganizm wyizolowany z martwego szkodnika mógł przyczynić się do jego zachorowania i uśmiercenia. Jest to tak zwane sprawdzanie zgodności z postulatami Kocha, które mówią: 1) dany organizm musi być zaobserwowany we wszystkich przypadkach choroby, 2) organizm ten musi zostać wyodrębniony jako czysta kultura, 3) organizm pochodzący z czystej kultury musi wywoływać chorobę u zwierząt eksperymentalnych, 4) organizm, który wywołał chorobę zwierząt eksperymentalnych, musi być z nich reizolowany.

Kiedy już wiadomo, że pozyskane izolaty (inaczej szczepy lub ekotypy) określonych gatunków drobnoustrojów są patogeniczne dla szkodnika, przeprowadza się testy patogeniczności dla innych owadów celem oszacowania spektrum działania tych izolatów oraz bada możliwości zwielokrotnienia ich zjadliwości w drodze pasażowania przez przewidzianego do zwalczania szkodnika [20, 21]. Jednocześnie poszukuje się optymalnych warunków hodowli i takiego składu podłoża hodowlanego, które pozwalają uzyskiwać patogena w jego najtrwalszej postaci — zarodników konidialnych, przetrwalników [patenty 288661/1993, 169335/1997]. Prowadzi się przy tym rozmaite eksperymenty zmierzające do ustalenia, jak długo dana postać patogena może pozostać aktywna na powierzchni liści, w glebie, w ściółce [3].

Wreszcie określa się w laboratorium i w terenie wpływ powszechnie stosowanych nawozów, środków ochrony roślin i mikroorganizmów na rozmaite cechy różnych ekotypów patogena szkodnika [1, 2, 10, 11, 17, 30] i typuje do zwalczania ekotypy najmniej wrażliwe na wymienione czynniki.

Korzyści z zastosowań strzępczaków owadobójczych oraz ocena ekologicznych zagrożeń w świetle obserwacji prowadzonych po aplikacjach polowych

Preparaty ze strzępczaków rzadko wprawdzie dorównują insektycydom chemicznym w laboratoryjnych testach skuteczności, ale bywają od nich skuteczniejsze w terenie [4, 26]. Ponadto nie wymagają przestrzegania okresu karencji ani specjalnych środków ostrożności przy ich stosowaniu.

Na obszarach długotrwałego występowania szkodnika: w lasach, w uprawach wieloletnich biopreparaty zawierające strzępczaki udaje się aplikować rzadziej niż chemiczne insektycydy. Porażenie szkodników strzępczakami po jednokrotnym za-

stosowaniu preparatu może osiągać istotny ekonomicznie poziom nawet przez kilka sezonów wegetacyjnych; kolejne generacje szkodnika są infekowane przez kolejne generacje patogena, który jest przystosowany do rozprzestrzeniania się po uśmierceniu żywiciela w postaci zarodników konidialnych [28, 29].

Strzępczaki występują najliczniej przy dużym nasileniu owadów — chociaż rozmnażają się jako pasożyty fakultatywne (mają saprofityczną fazę rozwoju po uśmierceniu żywiciela), nie są zdolne skutecznie konkurować z innymi drobnoustrojami przy zasiedlaniu martwych osobników, a zatem przy gradacji szkodnika ich działanie będzie dotyczyło przede wszystkim właśnie jego, co może sprzyjać selekcyonowaniu się ekotypu coraz bardziej zjadliwego dla szkodnika (jak w efekcie pasażowania) [5, 6, 20].

Rozprzestrzenienie się strzępczaków poza miejsce zastosowania w/na ciałach przemieszczających się żywicieli nie powinno mieć znaczenia większego niż podczas naturalnych epizoocji, które nie miewają olbrzymich zasięgów.

Strzępczaki są stosunkowo wrażliwe na promieniowanie UV; preparaty z nich rozpylone na nadziemnych częściach rośliny w ciągu kilku dni przestają być aktywne; środowiskiem sprzyjającym przetrwaniu strzępczaków jest przede wszystkim gleba, dlatego najbardziej efektywne są ich zastosowania doglebowe, co praktycznie ogranicza skuteczne posługiwanie się nimi do pól ornych, czyli do terenów z założenia nie-naturalnych i stale poddawanych różnym zabiegom agrotechnicznym, gdzie niekorzystnym zjawiskom można prędko przeciwdziałać [28].

Strzępczaki owadobójcze są w wielu krajach świata z powodzeniem wykorzystywane w tak zwanych organicznych czy też ekologicznych uprawach wieloletnich i na łąkach, z których szkodniki nie wędrują co sezon w poszukiwaniu rośliny żywicielskiej [28]. W ciągu kilku ostatnich lat z powodzeniem przeprowadzane są próby zastosowania gat. *Beauveria bassiana* przeciwko pędrakom chrabąszcza majowego w szkółkach leśnych i na uprawach warzyw i owoców. Szczególnie dobre wyniki otrzymuje się, kiedy biopreparat jest sporządzony ze szczepu wyizolowanego z pędraka w miejscowości Chotyłów (robocza nazwa szczepu *B. bassiana* Chotyłów) [26]. Doniesienia rolników, którzy wypróbowywali biopreparat na swoich uprawach, zachęcają do dalszych prac nad udoskonaleniem jego wytwarzania. Stosowanie tego szczepu, podobnie jak innych lokalnych izolatów strzępczaków owadobójczych, w uprawach można bez zastrzeżeń zaliczyć do działań określanych jako zasilenie, które jest szczególnie zalecane w systemie IFS.

Wnioski

W związku ze wzrostem zainteresowania naszych rolników systemem IFS celowe wydaje się podjęcie w Polsce działań zmierzających do rejestracji, profesjonalnej produkcji i rozprowadzania biopreparatów zawierających zarodniki lub zarodnikującą grzybnię przynajmniej dwu najlepiej przebadanych i najwyżej ocenionych pod względem skuteczności gatunków strzępczaków: *Beauveria bassiana* i *Verticillium*

lecanii. (Dotychczas wszystkie — nawet przeprowadzane jednocześnie na obszarze kilku hektarów — akcje zwalczania szkodników przy pomocy kilku odmian biopreparatów ze strzępczaków miały charakter eksperymentalny). Wprowadzenie na rynek własnych, licencjonowanych insektycydów biologicznych, które mogłyby konkurować z importowanymi, sprzyjałoby transformacji polskiego rolnictwa, wymaganej przez UE.

Literatura

-
- [1] Bajan C. 1978. Interactions between selected species of entomopathogenic and saprophytic fungi. *Pol. Ecol. Stud.* 4: 5–54.
- [2] Bajan C., Kmitowa K. 1982. The effect of herbicides: Simazin 50, Avadex and Antyperz on four species of entomopathogenic fungi. *Pol. Ecol. Stud.* 8: 489–497.
- [3] Bajan C., Fedorko A., Kmitowa K., Mierzejewska E. 1994. Polski owadobójczy preparat grzybowy na tle światowych osiągnięć w dziedzinie produkcji mikobioinsektycydów. *Post. Nauk Rol.* 3: 13–21.
- [4] Bajan C., Mierzejewska E. 1999. Biologiczne zwalczanie pędraków — także na plantacjach buraków cukrowych. *Poradnik Plantatora Buraka Cukrowego* 2: 20–22.
- [5] Bałazy S. 1981. Ściółka leśna ostoją grzybów owadobójczych. *Las Polski* 3: 14–15.
- [6] Boczek J., Lipa J.J. (red.) 1978. Biologiczne metody walki ze szkodnikami roślin. PWN: 111–133.
- [7] Bednarek A. (red.) 1991. System zintegrowanego gospodarowania w rolnictwie (IFS). Cele i założenia. *Bibl. Roln. Integr. ROL-EKO*: 7–20.
- [8] Buren W.F. 1983. Artificial fauna replacement for imported fire ant control. *Fl. Entomol.* 66: 93–100.
- [9] Carroll S.P., Dingle H. 1996. The biology of post invasion events. *Biological Conservation* 78: 201–214.
- [10] Delgado F.X., Britton J.H., Onsager J.A., Swearingen W. 1999. Field assessment of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and Potential Synergism with Diflubenzuron for Control of Savanna Grasshopper Complex (*Orthoptera*) in Mali. *J. Invertebr. Pathol.* 73: 34–39.
- [11] Goettel M.S. 1998. Effect of soil Texture and Soil Sterilization on Susceptibility of Ovipositing Grasshoppers to *Beauveria bassiana*. *J. Invertebr. Pathol.* 71: 73–81.
- [12] Greathead D.J. 1973. Progress in the biological control of *Lantana camara* in East Africa and a discussion of problems raised by the unexpected reaction of the more promising insects to *Sesamum indicum*. *Commonwealth Institute of Biological Control, Miscellaneous Publications* 6: 89–92.
- [13] Greathead D.J. 1995. Benefits and risks of classical biological control. W: *Biological control: Benefits and risks. Plant and Microbial biotechnology research series*: 4, Cambridge University Press: ss. 304.
- [14] Hokkanen H., Pimentel D. 1984. New approach for selecting biological control agents. *Can. Entomol.* 116: 1109–1121.
- [15] Hokkanen H., Pimentel D. 1989. New associations in biological control: theory and practice. *Can. Entomol.* 121: 829–840.

- [16] Howarth F.G. 1991. Environmental impacts of classical biological control. *Ann. Rev. Entomol.* 36: 484–509.
- [17] Inglis G.D., Johnson D. L., Kawchuk L. M., Goettel M.S. 1998. Effect of soil Texture and Soil Sterilization on Susceptibility of Ovipositing Grasshoppers to *Beauveria bassiana*. *J. Invertebr. Pathol.* 71: 73–81.
- [18] Jolivet P. 1998. Interrelationship between insects and plants. CRC Press, Boca Raton, Boston, London: ss. 309.
- [19] Julien M.H. 1992. Biological control of weeds: a world catalogue of agents and their target weeds, 3rd ed. Commonwealth Agricultural Bureaux International. Wallingford, UK: 76–79.
- [20] Kmitowa K. 1982. Preliminary studies on the effect of passaging through the host on pathogenicity of entomopathogenic fungi. *Pol. Ecol. Stud.* 8: 433–4.
- [21] Kmitowa K., Bajan C. 1982. Pathogenicity level of various strains of *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. *Pol Ecol. Stud.* 8(3–4): 409–417.
- [22] Lacey L.A., Goettel M.S. 1995. Current developments in microbial control of insect pests and prospects for the early 21 century, review. *Entomophaga* 40(1): 3–27.
- [23] Lloyd L. 1990. Native fishes as alternatives to the exotic fish, *Gambusia*, for insect control. W: Introduced and translocated fishes and their ecological effects. Ed. D.A. Pollard. Department of Primary Industries and Energy, Bureau of Rural Resources, Canberra: 115–122.
- [24] Lockwood J.A. 1993. Benefits and costs of controlling rangeland grasshoppers (*Orthoptera: Acrididae*) with exotic organisms: search for a null hypothesis and regulatory compromise. *Environ. Entomol.* 22: 904–914.
- [25] Lodge D.M. 1993. Biological invasions: lesson for ecology. *Trends Ecol. Evolut.* 8: 133–137.
- [26] Mierzejewska. E. 1999. Z doświadczeń nad biologicznym zwalczaniem pędraków w lubelskiem. *Ochrona Roślin* 11: 35–36.
- [27] Murray E. 1993. The sinister snail. *Endeavour* (New Series) 17(2): 78–83.
- [28] Riba G., Silvy C. 1989. Combattre les ravageurs des cultures. Enjeux et perspectives. INRA, Paris: ss. 230.
- [29] Riba G., Mierzejewska E. 1986. Alpha-esterases of twenty Polish strains of *Beauveria bassiana*. *Bull. Acad. Pol. Sci. Biol. Sci.* 34: 41–45.
- [30] Rosin F., Shapiro D.I., Lewis L.C. 1996. Effect of fertilizers on the survival of *Beauveria bassiana*. *J. Invertebr. Pathol.* 68: 194–195.
- [31] Simberloff D., Stilling P. 1996. Risk of species introduced for biological control. *Biological Conservation* 78: 185–192.
- [32] Waage J.K. 1995. The use of exotic organisms as biopesticides: some issues W: Biological control: Benefits and risks. Plant and Microbial biotechnology research series:4, Cambridge University Press: ss. 304.
- [33] Waage J.K., Greathead D.J. 1988. Biological Control: Challenge and opportunities. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 318: 111–128.

Patenty:

1. Patent Nr 288661 1993 „Sposób wytwarzania entomopatogenicznego preparatu zawierającego zarodniki grzyba *Beauveria bassiana*”.

2. Patent Nr 169335 1996 „Sposób wytwarzania biopreparatu zawierającego zarodniki konidialne *Verticillium lecanii*”.

Biological control of pests — risks and benefits with special consideration of augmentation

Key words: biological control — introductions, augmentations, *Beauveria bassiana*, White Grabs (*Melolontha melolontha*)

Summary

The review concerns the latest theories of biological control of pests and weeds and protection of beneficial and neutral species. Registration requirements to microbial biopreparations, introduction and other biological interventions are considered. Article explains why in recent years the biological and chemical controls are not opposite each other as strongly as in early projects.

The trial of field applications of local strain of fungus *Beauveria bassiana* against *Melolontha melolontha* is described and the elucidation that utilization of local species to plant protection is less risky was given.