

Factors affecting the use of microbial biopesticides in plant protection

Czynniki wpływające na wykorzystanie biopestycydów mikrobiologicznych w ochronie roślin

Stefan Martyniuk

Summary

The strategy of sustainable agriculture which includes also various activities toward sustainable use of chemical plant protection agents has not caused a marked increase in the use of biological methods in plant protection, despite that this idea is being developed and propagated for more than 20 years. The value of the global sales of biopesticides has been estimated for only about 1–3% of the global pesticide market. This small share of biological methods is connected with the fact that so far no effective biological methods have been developed to control major diseases (powdery mildew, rusts, septoria blotch, root rot) and pests in large-field crops, e.g. cereals. Moreover, biopesticides are usually less effective and reliable than chemical pesticides, and application of biopreparations is more complicated. It seems that implementation of the integrated plant protection directive will not cause significant changes in the use of biological methods, especially in large-scale agriculture. This is supported by decreasing numbers of biopesticides, especially those based on microorganisms, available in Poland as well as in other European countries.

Key words: bio-preparation, biological control, application, integrated plant protection

Streszczenie

Upowszechniana i rozwijana od ponad 20 lat strategia rolnictwa zrównoważonego obejmująca także działania na rzecz osiągnięcia zrównoważonego stosowania chemicznych środków ochrony, nie przyczyniła się do znaczącego wzrostu wykorzystywania w ochronie roślin metod biologicznych. Wartość sprzedaży biopestycydów na świecie szacowana jest tylko na około 1–3% ogólnej wartości rynku środków ochrony roślin. Mały udział metod biologicznych w ochronie roślin wynika z faktu, że nie opracowano dotychczas skutecznych metod biologicznych do zwalczania lub ograniczania najważniejszych chorób (mączniaki, rdze, septoriozy, fuzariozy, choroby zgorzelowe korzeni) i szkodników roślin towarowych, zwłaszcza zbóż. Ponadto, skuteczność w przypadku większości biopestycydów jest mniejsza, a ich aplikacja trudniejsza i bardziej kłopotliwa niż środków chemicznych. Wydaje się więc, że wdrażanie dyrektywy dotyczącej integrowanej ochrony roślin nie spowoduje istotnych zmian w wykorzystywaniu metod biologicznych, zwłaszcza w wielkoobszarowych uprawach polowych. Wskazuje na to także zmniejszający się w Polsce i w innych krajach europejskich asortyment zarejestrowanych biologicznych środków ochrony, zwłaszcza zawierających mikroorganizmy jako składniki aktywne.

Słowa kluczowe: preparaty biologiczne, biologiczna ochrona roślin, wykorzystanie

Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Mikrobiologii Rolniczej
Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
sm@iung.pulawy.pl

Wstęp / Introduction

Miniony wiek 20., a zwłaszcza jego druga połowa, zapisał się w historii rolnictwa jako okres, w którym nastąpił ogromny wzrost efektywności produkcji rolniczej, głównie dzięki znaczącym osiągnięciom w hodowli roślin i zwierząt oraz mechanizacji i chemizacji rolnictwa. Niestety, w odniesieniu do tego ostatniego czynnika nagromadziło się sporo dowodów na to, że chemiczne środki produkcji oddziałują niekorzystnie na środowisko. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że te negatywne skutki chemizacji rolnictwa występowały głównie – i w dalszym ciągu jeszcze występują – w rejonach charakteryzujących się bardzo intensywnym rolnictwem, np. dużą koncentracją produkcji zwierzęcej lub stosowaniem zbyt wysokich dawek nawozów mineralnych. Chemizacja rolnictwa to oczywiście również chemiczne środki ochrony (pestycydy) roślin uprawnych, bez których wymieniony powyżej postęp nie byłby możliwy, ale one także nie są obojętne dla środowiska, zwłaszcza dla organizmów żywych. Pestycydy charakteryzują się małą wybiórczością, czyli są toksyczne nie tylko dla zwalczanych szkodników i patogenów roślin, ale również dla niektórych organizmów pożytecznych, np. owadów. Ponadto, w przypadku chemicznych środków ochrony ważnym problemem jest także kwestia ich pozostałości w produktach, zwłaszcza świeżych, pochodzących z roślin chronionych tymi preparatami. W pewnym stopniu negatywne skutki intensywnego rolnictwa związane były także z brakiem odpowiednich zaleceń i uregulowań prawnych, wynikających w dużej mierze m.in. z niedostatków wiedzy. Obecnie w większości krajów charakteryzujących się nowoczesnym rolnictwem takie zalecenia, jak Kodeksy Dobrych Praktyk Rolniczych, obowiązek sporządzania przez rolników planów nawozowych czy wdrażanie zasad zrównoważonego rozwoju, także w odniesieniu do produkcji rolniczej, w dużym stopniu ograniczają lub nawet eliminują negatywne skutki chemizacji (Duer i wsp. 2004; Pruszyński i Wolny 2007; Fotyma i wsp. 2009; Pruszyński 2009).

Świadomość wyżej wymienionych zagrożeń, zarówno po stronie producentów środków chemicznych, jak i czynników decyzyjnych (politycznych) oraz wśród rolników i konsumentów produktów rolnych jest obecnie znacznie większa niż w początkowym okresie chemizacji rolnictwa. W związku z powyższym podejmowane są liczne, nowe inicjatywy i uregulowania prawne mające na celu zmniejszenie zużycia środków chemicznych i ubocznych efektów ich stosowania w rolnictwie. Temu celowi służyła dyrektywa Unii Europejskiej nakazująca przegląd i ponowną rejestrację wszystkich pestycydów, w wyniku czego wyeliminowano substancje przestarzałe i najbardziej toksyczne dla środowiska, choć spowodowało to niewątpliwie pewne niedogodności i ograniczenia asortymentu dostępnych środków ochrony roślin (Matyjaszczyk 2008; Lipa i Pruszyński 2010). Podobny cel ma także dyrektywa 2009/128/WE dotycząca zrównoważonego stosowania pestycydów i integrowanej ochrony roślin, która obowiązywać będzie w Unii Europejskiej od 2014 roku (Pruszyński 2009; Tomalak i wsp. 2010). W najbliższych latach zarówno nauka, jak i praktyka

rolnicza będą musiały poświęcić wiele uwagi i wysiłku na opracowanie i wdrożenie integrowanych metod ochrony roślin uprawnych.

Biopestycydy i ich wykorzystanie Biopesticides and their use

W latach 70. i 80. ubiegłego wieku, kiedy rozpoczynano intensywne badania nad biologicznymi metodami ochrony roślin wydawało się, że metody te pomogą nie tylko w znacznym stopniu zmniejszyć zużycie środków chemicznych, ale także umożliwią opracowanie nowych sposobów ograniczania szkodliwości patogenów, których zwalczanie za pomocą środków chemicznych (fungicydów) było dotychczas mało skuteczne (Martyniuk 1984; Compant i wsp. 2005). Przykładem takiej choroby grzybowej roślin zbożowych jest zgorzel podstawy źdźbła wywoływana przez *Gaeumannomyces graminis* (Korbas i wsp. 2001). Grzyb ten powoduje gnicie korzeni zbóż i jest groźny zwłaszcza wtedy, gdy rośliny te uprawiane są po sobie. Tylko nieliczne i bardzo specyficzne fungicydy (np. siltiofam) stosowane jako zaprawy nasienne częściowo ograniczają porażanie korzeni zbóż przez *G. graminis*, dlatego od lat 70. XX wieku w wielu krajach prowadzono intensywne badania mające na celu znalezienie mikroorganizmów antagonistycznych, czyli hamujących rozwój tego grzyba (Martyniuk 1984; Weller 1988). W Szwajcarii i Stanach Zjednoczonych wyodrębniono z gleb naturalnie opornych w stosunku do grzybów zgorzelowych różne szczepy bakterii *Pseudomonas fluorescens*, które zdolne są do wytwarzania licznych substancji hamujących rozwój *G. graminis* i innych grzybów chorobotwórczych dla roślin, zwłaszcza w doświadczeniach laboratoryjnych i wazonowych (Weller 1988; Keel i wsp. 1992; Walsh i wsp. 2001). Niestety w warunkach polowych skuteczność ochronna *P. fluorescens* jest znacznie mniejsza i dotychczas nie zarejestrowano żadnego biopreparatu do ograniczania zgorzeli podstawy źdźbła zbóż.

Jeszcze pod koniec 20. wieku prognozowano w następnym wieku bardzo dynamiczny rozwój przemysłu biotechnologicznego związanego z wytwarzaniem biologicznych środków ochrony roślin. W 2007 roku, w krajach członkowskich Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD – Organization for Economic Co-operation and Development) zarejestrowanych było około 225 biopreparatów zawierających mikroorganizmy ograniczające rozwój patogenów i szkodników roślin uprawnych (Kabaluk i Gazdik 2007). Wśród drobnoustrojów będących składnikami aktywnymi tych biopreparatów dominują bakterie należące do rodzajów *Bacillus* i *Pseudomonas* oraz grzyby rodzajów *Trichoderma*, *Baeuveria*, *Coniothyrium*, *Matharhizium* i *Pythium*. Liczną grupę stanowią również biopreparaty bazujące na wirusach i mikroskopijnych nicieniach (*Heterorhabditis*, *Steinernema*). Inne opracowania wskazują, że na świecie produkowanych jest około 1000 różnych biopestycydów, przy czym należy wyjaśnić, że do

biopestycydów zaliczane są nie tylko preparaty oparte na żywych organizmach, ale również produkty zawierające substancje chemiczne pochodzenia naturalnego (ekstrakty roślinne), regulatory wzrostu roślin, pułapki feromonowe i inne (Tomalak 2010). Wymieniona powyżej dość liczna grupa biopreparatów mikrobiologicznych potwierdza, że badania prowadzone w wielu ośrodkach naukowych zakończyły się sukcesem, a więc opracowaniem i wdrożeniem do produkcji biologicznych środków ochrony roślin. Jest to również niewątpliwy sukces producentów tych środków, często niewielkich firm, którzy podjęli trud, także finansowy, związany z rejestracją swoich produktów. Rejestracja biologicznych środków ochrony roślin opartych na mikroorganizmach odbywa się na podobnych zasadach, jak chemicznych środków ochrony, a więc jest to proces nie tylko rygorystyczny, ale także bardzo kosztowny. Na przykład szwedzka firma Bioagri na zarejestrowanie, na terenie Unii Europejskiej (UE) dwóch biopreparatów zawierających bakterię *Pseudomonas chlororaphis* wydała 4,3 miliona euro (Tomalak 2007). Trudna i kosztowna procedura rejestracyjna biopestycydów powoduje, że część producentów rezygnuje z rejestracji, a nawet z wytwarzania tych preparatów, co niewątpliwie zubaża ich asortyment i ogranicza zakres stosowania biologicznej ochrony w rolnictwie i ogrodnictwie. W Aneksie I zawierającym wykaz środków ochrony roślin dopuszczonych do stosowania w UE wymienione są także różne gatunki mikroorganizmów (wirusów, bakterii i grzybów), które mogą być wykorzystywane do produkcji różnych formułacji biopestycydów (Tomalak 2010). Obecny asortyment biopestycydów dopuszczonych do wykorzystywania w biologicznej ochronie roślin w UE liczy około 44 pozycji (Kabaluk i wsp. 2010) (tab. 1). Liczba zarejestrowanych biopreparatów w poszczególnych krajach unijnych jest jednak bardzo zróżnicowana i na ogół znacznie niższa niż podana powyżej liczba. W Polsce aktualnie dopuszczone są do obrotu dwa bioinsektycydy zawierające wirusy i trzy bazujące na *Bacillus thuringiensis*, dwa biofungicydy oraz jeden nematocyd, czyli zaledwie 8 produktów. Niewiele więcej, bo tylko 10 biopestycydów zarejestrowanych jest w Wielkiej Brytanii (Kabaluk i wsp. 2010).

W naszym kraju dostępne są także preparaty (około 30) zawierające makroorganizmy, w stosunku do których nie stosuje się wyżej wymienionych przepisów rejestracyjnych i które wykorzystywane są głównie w uprawach szklarniowych i pieczarkarniach (Sosnowska i Fiedler 2010; Tomalak 2010).

Liczby podane powyżej, czyli dość liczny asortyment biopestycydów w krajach OECD, mogą wskazywać, że biologiczna ochrona roślin „ma się dobrze”. Inny obraz wykorzystywania biologicznej ochrony w praktyce uzyskuje się po analizie globalnej wartości sprzedaży biopestycydów. Z informacji zawartych w kilku opracowaniach przeglądowych dotyczących tego zagadnienia wynika, że światowa sprzedaż biologicznych środków ochrony roślin wynosi tylko około 1–2% ogólnej wartości rynku środków ochrony roślin, ocenianego na około 25–30 mld dolarów (Lipa i Pruszyński 2010; Tomalak 2010). Znana firma Global Industry Analysts Inc., (GIA) podała, że w 2008 roku wartość sprzedaży biopreparatów na

świecie wyniosła około 750 milionów dolarów (około 3% ogólnego rynku), a szacunki sprzedaży środków biologicznych na drugą dekadę 21. wieku tylko nieznacznie przekraczają 1 mld dolarów (internet). Powyższe szacunki obejmują oczywiście sprzedaż wszystkich środków biologicznej ochrony, czyli preparaty zawierające mikro- i makroorganizmy oraz produkty biotechniczne (ekstrakty roślinne, feromony). W jednym z najnowszych opracowań podano, że w Kanadzie wartość sprzedaży wszystkich pestycydów wyniosła w 2010 roku około 1,4 miliarda dolarów, w tym tylko 7,4 miliona dolarów, czyli tylko około 0,5%, stanowiła sprzedaż biopestycydów zawierających mikroorganizmy jako składnik aktywny (Kabaluk i wsp. 2010). W grupie sprzedanych preparatów mikrobiologicznych zdecydowanie dominowały (88%) bioinsektycydy oparte na *B. thuringiensis* wykorzystywane głównie do ochrony lasów. Udział preparatów zawierających inne mikroorganizmy był następujący: bakterie – 6,7%, pasożytnicze nicienie – 4,1%, wirusy – 0,67% i grzyby – 0,67%.

W tym miejscu nasuwa się pytanie dlaczego biologiczne środki ochrony roślin są w tak niewielkim stopniu wykorzystywane w praktyce rolniczej? Odpowiedź na to pytanie nie jest łatwa, a jako jedną z najważniejszych przyczyn takiego stanu podaje się wspomnianą powyżej kosztowną i kłopotliwą procedurę rejestracyjną. Wynika to przede wszystkim z faktu, że skuteczność w przypadku większości biopestycydów jest znacznie mniejsza niż środków chemicznych (Compant i wsp. 2005; Tomalak i wsp. 2010; Walsh i wsp. 2001). Skuteczność i niezawodność są najważniejszymi czynnikami wpływającymi na wielkość sprzedaży danego środka ochrony, a więc i na opłacalność jego produkcji oraz zdolność do ponoszenia przez producenta różnych wydatków, w tym związanych z rejestracją. Niezadowalająca skuteczność dotyczy szczególnie biopreparatów opartych na mikroorganizmach (bakteriach i grzybach), które aplikowane są do gleby w warunkach polowych, czyli do środowiska charakteryzującego się bardzo dużą złożonością różnego rodzaju konkurencyjnych oddziaływań pomiędzy drobnoustrojami glebowymi i innymi mieszkańcami gleby (Bashan 1998; Vessey 2003; Compant i wsp. 2005; Martyniuk 2011). Gleba jest także środowiskiem o dużej zmienności czynników abiotycznych (wilgotność, temperatura, odczyn, zabiegi agrotechniczne), które bardzo istotnie wpływają na aktywność, a więc i skuteczność organizmów wprowadzanych do gleby. Skuteczniejsze są te preparaty, które można wprowadzić w odpowiednio dużych ilościach, jak najbliżej lub nawet bezpośrednio na chroniony organ rośliny, np. poprzez zanurzenie korzeni sadzonek drzew lub warzyw w zawiesinach różnych szczepionek, na przykład przeciwko guzowatości korzeni, czy zawierających grzyby z rodzaju *Trichoderma* (Martyniuk i wsp. 2001; Sobiczewski 2010; Vessey 2003). Prawdopodobnie z podobnych względów, czyli większej skuteczności (ale także z powodu łagodniejszych przepisów rejestracyjnych lub nawet ich braku), w ostatnim dziesięcioleciu wzrosła sprzedaż produktów zawierających makroorganizmy (pasożytnicze i drapieżne owady, owadobójcze nicienie, drapieżne roztocza), czyli biopreparatów stosowanych w bardziej kontrolowanych warunkach (szklarnie, tunele).

Tabela 1. Biopestycydy i mikroorganizmy jako aktywne składniki tych biopreparatów zarejestrowanych w krajach Unii Europejskiej
Table 1. Biopesticides and microorganisms as active components of these biopreparations registered in European Union countries

Grupa biopestycydów Groups of biopesticides	Liczba zarejestrowanych preparatów Number of registered preparations	Najważniejsze mikroorganizmy jako aktywne składniki (w nawiasie liczba preparatów) Main microorganisms as active components (in brackets number of preparations)
Biobakteriocydy Biobacteriocydes	2	<i>Aureobasidium pullulans</i> , <i>Bacillus subtilis</i>
Biofungicydy Biofungicides	22	<i>Trichoderma</i> (8), <i>Pseudomonas</i> (3), <i>Pythium</i> , <i>Phlebiopsis</i> , <i>Candida</i> , <i>Coniothyrium</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Streptomyces</i>
Bioinsektycydy Bioinsecticides	19	<i>Bacillus thuringiensis</i> (8), <i>Baeuveria bassiana</i> (2), <i>Peacillomyces fumosoroseus</i> (2), wirusy (5), <i>Lecanicillium</i> (2)
Bionematocydy Bionematicides	1	<i>Peacilomyces liliacinus</i>

Ich udział wynosi obecnie około 55–60% ogólnej sprzedaży biologicznych środków ochrony roślin, a preparatów mikrobiologicznych tylko około 26% (Sosnowska i Fiedler 2010). Wymienione autorki podają, że w Polsce około 30% powierzchni upraw warzyw pod osłonami objętych jest biologiczną i integrowaną ochroną, zwłaszcza przed szkodnikami i wskazują, podobnie jak inni autorzy (Van Lenteren 2011), że to właśnie w uprawach różnych roślin pod osłonami (szklarnie, tunele, pieczarkarnie) metoda biologiczna ma największe szanse dalszego dynamicznego rozwoju. Wdrażanie dyrektywy UE dotyczącej zrównoważonego stosowania pestycydów i integrowanej ochrony roślin może stanowić dodatkowy impuls do zintensyfikowania tego rozwoju, zarówno ze strony pracowników nauki, jak i praktyki rolniczej.

Niewielka ogólnoswiatowa sprzedaż biopreparatów związana jest również z tym, że nie opracowano dotychczas, pomimo licznych badań (Köhl i Fokkema 1998) skutecznych metod biologicznych do zwalczania lub ograniczania najważniejszych chorób (mączniaki, rdze, septoriozy, fuzariozy, choroby zgorzelowe korzeni) i szkodników roślin towarowych, zwłaszcza zbóż. Z innych czynników rzutujących na wykorzystywanie biopestycydów w praktyce należy jeszcze wymienić to, że są one zwykle droższe, a ich aplikacja jest trudniejsza i bardziej kłopotliwa niż środków chemicznych, zwłaszcza w wielkoobszarowych uprawach polowych (Pruszyński 2009; Kabałuk i wsp. 2010; Tomalak i wsp. 2010).

Jaka jest więc przyszłość biologicznej ochrony roślin i czy wdrażanie zasad integrowanej ochrony przyczyni się do szerszego wykorzystywania biologicznych środków ochrony w praktyce? Idea rolnictwa zrównoważonego, którego integrowana ochrona roślin jest bardzo ważnym elementem, upowszechniana i rozwijana jest na całym świecie od ponad 20 lat, a mimo to wartość sprzedaży biopestycydów na świecie waha się ciągle w granicach 1–3% ogólnej wartości rynku środków ochrony roślin. Wydaje się więc, że także w najbliższych latach nie nastąpią istotne zmiany w tych proporcjach. Zmniejszona znacznie liczba zarejestrowanych w większości krajów europejskich preparatów mikrobiologicznych i biotechnicznych, które można było stosować w ochronie roślin również nie będzie sprzyjała wzrostowi w wykorzystywaniu metod biologicznych. Wydaje się jednak, że

użytkowa przyszłość biologicznej ochrony zależeć będzie w największym stopniu od postępu naukowego w rozwiązywaniu dwóch najważniejszych problemów, to jest zwiększenie niezawodności i skuteczności biopreparatów w warunkach polowych oraz opracowanie odpowiednich formułacji biopestycydów opartych na organizmach żywych, dostosowanych do wielkoobszarowych technologii uprawy najważniejszych roślin rolniczych.

W odniesieniu do pierwszego problemu, czyli skuteczności i niezawodności, jeszcze niedawno wydawało się, że bardzo pomocna w tym względzie będzie biotechnologia, a szczególnie genetyczna modyfikacja mikroorganizmów wykorzystywanych w biologicznej ochronie (Walsh i wsp. 2001). Chodziło głównie o zwiększenie zdolności mikroorganizmów do zasiedlania różnych organów roślin, zwłaszcza korzeni oraz do wytwarzania substancji antybiotycznych hamujących rozwój patogenów lub szkodników. Na przykład, w celu przyspieszenia badań biotechnologicznych Komisja Biologicznej Ochrony Amerykańskiego Towarzystwa Fitopatologicznego opracowała w 2003 roku priorytetową listę mikroorganizmów, których genomy (materiał genetyczny) w pierwszej kolejności powinny być poddane sekwencjonowaniu, czyli poznaniu poszczególnych genów. Na liście tej znalazły się następujące gatunki bakterii: *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Burkholderia ambifaria*, *Pantoea agglomerans*, *Pseudomonas fluorescens* oraz grzyby *Trichoderma harzianum*. Niezależnie od stanu zaawansowania tych badań i analiz, obecnie wydaje się, że ich wyniki nie przyczynią się do znacznego postępu od strony praktycznej, czyli polepszenia skuteczności biopreparatów, głównie ze względu na uzasadniony sprzeciw różnych kręgów naukowych, organów państwowych i organizacji społecznych wobec uwalniania do środowiska organizmów modyfikowanych genetycznie.

W odniesieniu do formułacji biopreparatów przeznaczonych do ochrony korzeni, byłoby najlepiej gdyby można było stosować je na nasiona wysiewanych roślin, zwłaszcza takich, jak zboża, motylkowate czy rzepak. Taki sposób aplikacji jest jednak szczególnie trudny w przypadku preparatów zawierających mikroorganizmy. Obecnie stosowana technologia wysiewu nasion wymaga, aby były one suche. Suszenie otoczonych biopreparatami nasion jest niestety na ogół szkodliwe dla

mikroorganizmów, powoduje bowiem znacznie zmniejszenie ich liczebności na nasionach (Martyniuk i wsp. 2001; Walsh i wsp. 2001). Z tego samego powodu nie można też dłużej przechowywać wcześniej zaotoczonych nasion, jak to często praktykowane jest w przypadku zapraw chemicznych. Ponadto, aby zaprawy biologiczne mogły zastąpić zaprawy chemiczne powinny one charakteryzować się w miarę szerokim zakresem aktywności w ochronie młodych siewek przed licznymi chorobami. Łączne stosowanie zapraw chemicznych i biologicznych raczej wyklucza się, ponieważ te pierwsze są zwykle szkodliwe dla organizmów żywych zawartych w biopestycydach. W tym miejscu warto przypomnieć krótką historię biopreparatu Cedomon EO na polskim rynku środków ochrony roślin. Preparat ten zawiera szczep MA 342 bakterii *Pseudomonas chlororaphis* i od 2005 roku zarejestrowany był w naszym kraju jako zaprawa nasienna (na mokro) do zwalczania *Pyrenophora teres* na jęczmieniu. Prawdopodobnie z powodu wyżej wymienionych czynników, a zwłaszcza wąskiego zakresu aktywności przeciwgrzybowej i niekompatybilności z zaprawami chemicznymi Cedomon EO nie znajdował nabywców i obecnie jego rejestracja nie została odnowiona.

Wnioski / Conclusions

1. Upowszechniana i rozwijana od ponad 20 lat idea rolnictwa zrównoważonego obejmująca także działania na rzecz osiągnięcia zrównoważonego stosowania pestycydów nie przyczyniła się do znaczącego wzrostu wykorzystywania w ochronie roślin metod biologicznych. Wartość sprzedaży biopestycydów na świecie szacowana jest tylko na około 1–3% ogólnej wartości rynku środków ochrony roślin.
2. Niewielki udział metod biologicznych w ochronie roślin wynika z faktu, że nie opracowano dotychczas skutecznych metod biologicznych do zwalczania lub ograniczania najważniejszych chorób (mączniaki, rdze, septoriozy, fuzariozy, choroby zgorzelowe korzeni) i szkodników roślin towarowych, zwłaszcza zbóż. Ponadto, skuteczność w przypadku większości biopestycydów jest mniejsza, a ich aplikacja trudniejsza i bardziej kłopotliwa niż środków chemicznych.
3. Wdrażanie dyrektywy dotyczącej integrowanej ochrony roślin nie spowoduje prawdopodobnie istotnych zmian w wykorzystywaniu metod biologicznych. Wskazuje na to zmniejszający się w Polsce i w innych krajach europejskich asortyment zarejestrowanych biologicznych środków ochrony, zwłaszcza zawierających mikroorganizmy jako składniki aktywne.

Literatura / References

- Bashan Y. 1998. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnol. Adv.* 16 (4): 729–770.
- Compant S., Duffy B., Nowak J., Clement Ch., Barka A. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Appl. Environ. Microbiol.* 71 (9): 4951–4959.
- Duer I., Fotyma M., Madej A. 2004. Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. MRiRW, Warszawa, 93 ss.
- Fotyma M., Igras J., Kopiński J. 2009. Produkcyjne i środowiskowe uwarunkowania gospodarki nawozowej w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 14: 187–206.
- internet. www.biopesticideindustryalliance.org, dostęp: 10.03.2012.
- Kabaluk T., Gazdik K. 2007. Directory of Microbial Pesticides for Agricultural Crops in OECD Countries. Agriculture and Agri-Food, Canada. www.publication.gc.org, dostęp: 10.03.2012.
- Kabaluk T., Svircev A.M., Goettel M.S., Woo S.G. 2010. The use and regulation of microbial pesticides in representative jurisdictions worldwide. IOBC Global, www.IOBC-Global.org, dostęp: 10.03.2012.
- Keel C., Schnider U., Maurhofer M., Voisard C., Laville J., Burger U., Wirthner P., Haas D., Defago G. 1992. Suppression of root diseases by *Pseudomonas fluorescens* CHA0: importance of the bacterial secondary metabolite 2,4-diacetylphloroglucinol. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 5: 4–13.
- Korbas M., Martyniuk S., Rozbicki J., Beale R. 2001. Zgorzel Podstawy Żdźbła oraz Inne Choroby Podsuszkowe Zbóż. Fundacja SGGW, Warszawa, 60 ss.
- Köhl J., Fokkema N.J. 1998. Strategies for biological control of necrotrophic fungal foliar pathogens. p. 49–7. In: „Plant-Microbe Interaction and Biological Control” (G.J. Boland, L.D. Kuykendall, eds.). Marcel Dekker, Inc., New York, 442 pp.
- Lipa J.J., Pruszyński S. 2010. Stan wykorzystania metod biologicznych w ochronie roślin w Polsce i na świecie. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 50 (3): 1034–1043.
- Martyniuk S. 1984. Control of the take-all fungus by *Phialophora* sp.(lobed hyphopodia) in microplot experiment with wheat. *Zbl. Mikrobiol.* 139: 575–579.
- Martyniuk S., Martyniuk M., Oroń J., Woźniakowska A. 2001. Oddziaływanie chemicznych zapraw nasiennych na efektywność szczepienia nasion roślin strączkowych bakteriami symbiotycznymi. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 41 (1): 320–324.
- Martyniuk S. 2011. Skuteczne i nieskuteczne preparaty mikrobiologiczne stosowane w ochronie i uprawie roślin oraz rzetelne i nierzetelne metody ich oceny. *Post. Mikrob.* 50 (4): 321–328.
- Matyjaszczyk E. 2008. Rejestracja środków ochrony roślin w Polsce – uwarunkowania i stan aktualny. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 48 (1): 34–40.
- Pruszyński S. 2009. Stan obecny i przewidywane kierunki zmian w ochronie roślin do roku 2020. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 14: 207–241.
- Pruszyński S., Wolny S. 2007. Przewodnik Dobrej Praktyki Ochrony Roślin. Inst. Ochr. Roślin, Poznań, 86 ss.
- Sosnowska D., Fiedler Ż. 2010. Biologiczna ochrona upraw pod osłonami jako przykład udanego wykorzystania metody biologicznej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 50 (3): 1080–1088.

- Tomalak M. 2007. Rejestracja biologicznych środków ochrony roślin w Europie – nowe perspektywy. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 47 (4): 233–240.
- Tomalak M. 2010. Rynek biologicznych środków ochrony roślin i przepisy legislacyjne. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 50 (3): 1053–1063.
- Tomalak M., Sosnowska D., Lipa J. 2010. Tendencje rozwoju metod biologicznych w ochronie roślin. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 50 (4): 1650–1660.
- Van Lenteren J.C. 2011. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies but frustrating lack of uptake. *BioControl*, Springer, 20 pp. Forum Paper, www.mendeley.com/research/state-commercial-augemntative-biological-control, dostęp: 10.03.2012.
- Vessey J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255: 571–586.
- Weller D.M. 1988. Biological control of soilborne plant pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 26: 379–407.
- Walsh U.F., Morrissey J.P., O’Gara F.O. 2001. *Pseudomonas* for biocontrol of phytopathogens: from functional genomics to commercial exploitation. *Environ. Biotechnol.* 12: 289–295.