

## WILL THE DEVELOPMENT OF INTEGRATED PLANT MANAGEMENT AND ECOLOGICAL AGRICULTURE INCREASE THE USE OF BIOPESTICIDES IN AGRICULTURAL PRACTICE?

### Summary

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. In Poland the following biopesticides have been registered for the use in agriculture and forestry: bioinsecticides containing viruses (2) or *B. thuringiensis* (3); biofungicides (2) and nematocides (1). For the use in ecological agriculture 6 microbial biopesticides and several biotechnical preparations have been registered. 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:** organic farming; plant protection; biological methods; biopesticides; analysis

## CZY ROZWÓJ INTEGROWANEJ OCHRONY ROŚLIN I ROLNICTWA EKOLOGICZNEGO ZWIĘKSZY WYKORZYSTANIE BIOPESTYCYDÓW W PRAKTYCE ROLNICZEJ?

### Streszczenie

Wartość sprzedaży biopestycydów na świecie szacowana jest tylko na około 1-3% ogólnej wartości rynku środków ochrony roślin. Ten 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. W Polsce aktualnie dopuszczone są do stosowania w rolnictwie i leśnictwie dwa bioinsektycydy zawierające wirusy i trzy bazujące na *Bacillus thuringiensis*, dwa biofungicydy oraz jeden nematocyd, czyli zaledwie 8 produktów zawierających mikroorganizmy jako składniki aktywne. Na potrzeby rolnictwa ekologicznego zarejestrowanych jest 6 biopreparatów mikrobiologicznych i kilka biotechnicznych, zawierających takie substancje jak biochikol, spinosad czy feromony. Niewielki asortyment zarejestrowanych w Polsce i w innych krajach europejskich biopestycydów, zwłaszcza zawierających mikroorganizmy jako składniki aktywne, wskazuje, że wdrażanie dyrektywy dotyczącej integrowanej ochrony roślin i rozwój rolnictwa ekologicznego nie spowodują istotnych zmian w wykorzystywaniu metod biologicznych, zwłaszcza w uprawach rolniczych.

**Słowa kluczowe:** rolnictwo ekologiczne; ochrona roślin; metody biologiczne; biopestycydy; analiza

### 1. Wstęp

Chemizacja rolnictwa, bez której wysoka wydajność i efektywność produkcji rolniczej nie byłaby możliwa, nie jest obojętna dla środowiska i organizmów żywych. Chemiczne środki ochrony roślin (pestycydy) – bardzo ważny element tej chemizacji w znacznym stopniu ograniczający straty powodowane przez liczne patogeny i szkodniki roślin uprawnych – są szkodliwe nie tylko dla zwalczanych przy ich użyciu agrofagów, ale również dla niektórych organizmów pożytecznych, np. owadów, głównie dlatego, że środki te charakteryzują się na ogół małą wybiórczością i specyficznością działania. W przypadku chemicznych środków ochrony ważnym problemem jest także kwestia kontrolowania ich pozostałości w produktach, zwłaszcza świeżych, pochodzących z roślin chronionych tymi preparatami. Obecnie w większości krajów charakteryzujących się nowoczesnym rolnictwem wprowadzono liczne zasady, np. kodeksy dobrych praktyk, oraz uregulowania prawne mają-

ce na celu zmniejszenie zużycia środków chemicznych i ograniczenie ubocznych efektów ich stosowania w rolnictwie [3, 12]. Temu celowi służyły na przykład dyrektywa i rozporządzenie Unii Europejskiej nakazujące przegląd i ponowną rejestrację wszystkich pestycydów, w wyniku czego wyeliminowano substancje przestarzałe i najbardziej toksyczne dla środowiska, choć spowodowało to zmniejszenie asortymentu dostępnych środków ochrony roślin [10, 11]. 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 [7, 16]. W najbliższych latach zarówno nauka, jak i praktyka rolnicza będą musiały zintensyfikować swoje działania w kierunku zintegrowania metod fizycznych (np. mechaniczne zwalczanie chwastów), chemicznych i biologicznych w zwalczaniu organizmów szkodliwych dla roślin zarówno w warunkach rolnictwa konwencjonalnego, jak i ekologicznego. W przypadku gospodarstw prowadzących uprawę roślin metodami ekolo-

gicznymi dozwolone są tylko substancje chemiczne pochodzenia naturalnego oraz proste preparaty chemiczne, np. zawierające miedź lub siarkę, które nie powstają w skomplikowanych procesach syntezy. W niniejszym opracowaniu omówiono czynniki wpływające na aktualne i przyszłe wykorzystywanie biopestycydów w praktyce rolniczej, m.in. w związku z wdrażaniem integrowanej ochrony roślin i rozwojem rolnictwa ekologicznego.

## 2. Biopestycydy w praktyce rolniczej

Do biologicznych środków ochrony roślin (biopestycydy) zaliczane są nie tylko preparaty zawierające żywe organizmy (mikroorganizmy, nicienie, pasożytnicze i drapieżne owady), ale również tzw. środki biotechniczne, czyli różnego rodzaju biologicznie aktywne substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego (olejki, saponiny, kwasy organiczne, chitozan), regulatory wzrostu roślin oraz semiozwiązki (feromony, atraktanty i repelenty) [15]. W krajach członkowskich OECD zarejestrowanych jest obecnie około 300 biopreparatów zawierających mikroorganizmy ograniczające rozwój patogenów i szkodników roślin uprawnych [5]. Wśród drobnoustrojów będących składnikami aktywnymi tych biopreparatów dominują bakterie należące do rodzajów *Bacillus* i *Pseudomonas* oraz grzyby rodzajów *Trichoderma*, *Beauveria*, *Coniothyrium*, *Matharhizium* i *Pythium*. Liczne są również biopreparaty bazujące na wirusach i owadobójczych nicieniach (*Heterorhabditis*, *Steinernema*). Warto wymienić także najciekawsze substancje z grupy preparatów biotechnicznych. Jako biopestycydy zarejestrowane są zarówno proste związki chemiczne (mineralne i organiczne) takie jak: nadtlenek wodoru, mono- i difosforany potasu, węglan potasu czy kwas cytrynowy, jak i bardziej złożone substancje organiczne, np.: różne kwasy tłuszczowe, olejki eteryczne (tymolowy, miętowy), kapsaicyna, laminaryna czy chitozan. Ponadto, w niektórych krajach nawet oleje - sojowy, rzepakowy i sezamowy - zarejestrowane są jako biopestycydy. Dostępne są również w handlu biopestycydy oparte na ekstraktach z różnych roślin m.in. na dobrze znanym ekstrakcie z czosnku oraz na mniej znanym ekstrakcie z komosy piżmowej (*Chenopodium ambrosioides*). Wśród nielicznej grupy bioherbicydów, które są szczególnie ważne dla rolników uprawiających rośliny w systemie ekologicznym na uwagę zasługuje kwas pelargoniowy - związek należący do substancji tłuszczowych. Kwas ten występuje naturalnie w organizmach roślinnych i zwierzęcych, a w USA zarejestrowany jest jako totalny herbicyd dość skutecznie niszczący młode siewki chwastów.

Liczny asortyment biopestycydów dostępnych w krajach OECD mógłby wskazywać, że biologiczna ochrona roślin stosowana jest szeroko w praktyce rolniczej. Jednak szacunki zawarte w kilku opracowaniach przeglądowych dotyczących tego zagadnienia świadczą, że światowa sprzedaż biologicznych środków ochrony roślin jest stosunkowo niewielka i wynosi tylko około 1-2% ogólnej wartości rynku środków ochrony roślin [7, 15]. W jednym z najnowszych opracowań Global Industry Analysts Inc., (GIA) podano, że w 2008 roku wartość sprzedaży biopreparatów na świecie wyniosła około 750 milionów dolarów USA (około 3% ogólnego rynku), ale szacunki sprzedaży środków biologicznych na drugą dekadę XXI wieku przekraczają 2 mld dolarów [Internet]. Wydaje się, że niewielka ogólnosiwiatowa sprzedaż biopreparatów związana jest

przede wszystkim z tym, że nie opracowano dotychczas, pomimo licznych badań [6] 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 rzutuujących na wykorzystywanie biopestycydów w praktyce należy jeszcze wymienić: - kosztowną i kłopotliwą procedurę rejestracyjną - zwykle większe koszty biopreparatów i ich trudniejsza aplikacja w porównaniu do środków chemicznych, zwłaszcza w wielkoobszarowych uprawach polowych [11, 16, 19]. Bardzo ważny jest również fakt, że skuteczność w przypadku większości biopestycydów jest znacznie mniejsza niż środków chemicznych [1, 2, 16, 19]. To właśnie 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 [1, 2, 9, 18]. 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* [9, 18]. 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). Ich udział wynosi obecnie około 55-60% ogólnej sprzedaży biologicznych środków ochrony roślin, a preparatów mikrobiologicznych tylko około 26% [13].

## 3. Przyszłość biopestycydów

W niektórych opracowaniach można znaleźć prognozy wskazujące na stopniowy wzrost sprzedaży, a więc i wykorzystywania biopestycydów w praktyce rolniczej, m.in. w związku z rozwojem integrowanych metod ochrony roślin i wzrastającym zapotrzebowaniem na żywność produkowaną według zasad rolnictwa ekologicznego (organicznego). Sosnowska i Fiedler [13] podają, że w Polsce około 30% upraw warzyw pod osłonami objętych jest biologiczną i integrowaną ochroną, zwłaszcza przed szkodnikami, i wskazują, podobnie jak i inni autorzy [17], że to właśnie w uprawach różnych roślin pod osłonami (szklarnie, tunele, pieczarkarnie) metoda biologiczna ma największe szanse dalszego dynamicznego rozwoju, a 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.

Wydaje się jednak, że w najbliższych latach nie nastąpią istotne zmiany w tym względzie. Wskazuje na to m.in. zmniejszona znacznie liczba zarejestrowanych w większości krajów europejskich preparatów mikrobiologicznych i biotechnicznych, które można stosować w ochronie roślin. Na przykład, w Polsce aktualnie dopuszczone są do stosowania w rolnictwie i leśnictwie dwa bioinsektycydy zawierające wirusy i trzy bazujące na *Bacillus thuringiensis*, dwa biofungicydy i jeden nematocyd, czyli zaledwie 8 produktów zawierających mikroorganizmy jako składniki aktywne. Nieliczne są również produkty biotechniczne, np. repelenty i atraktanty. Na potrzeby rolnictwa ekologicznego zarejestrowanych jest 6 bipreparatów mikrobiologicznych i kilka biotechnicznych zawierających takie substancje, jak: biochikol, spinosad czy feromony.

Można przypuszczać, że 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 dostosowanych do wielkoobszarowych technologii uprawy najważniejszych roślin rolniczych.

W odniesieniu do pierwszego problemu, chodzi głównie o zwiększenie zdolności mikroorganizmów antagonistycznych do zasiedlania chronionych organów roślin, zwłaszcza korzeni, oraz do wytwarzania substancji antybiotycznych hamujących rozwój patogenów lub szkodników. Wydawało się, że bardzo pomocna w tym względzie będzie biotechnologia, a szczególnie genetyczna modyfikacja mikroorganizmów wykorzystywanych w biologicznej ochronie [8, 19]. Obecnie ze względu na uzasadniony na ogół sprzeciw różnych kręgów naukowych, organów państwowych i organizacji społecznych wobec uwalniania do środowiska organizmów modyfikowanych genetycznie, badania te zostały zahamowane, zwłaszcza jeżeli chodzi o ich stronę praktyczną, czyli polepszenie skuteczności biopestycydów w warunkach polowych.

W odniesieniu do formułacji potrzebny jest dalszy postęp w wydłużaniu okresu przydatności biopreparatów do użycia (*shelf-life*) oraz w opracowywaniu łatwiejszych sposobów ich aplikacji. Byłoby najlepiej gdyby biopestycydy można było stosować 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 nasion otoczonych biopreparatami jest niestety na ogół szkodliwe dla mikroorganizmów, powoduje bowiem znacznie zmniejszenie ich liczebności na nasionach [9, 19]. Z tego samego powodu nie można też dłużej przechowywać wcześniej otoczonych nasion, jak to często jest praktykowane 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.

#### 4. Bibliografia

- [1] Bashan Y.: Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. 1998. *Biotechnol. Adv.* 16(4): 729-770.
- [2] Compant S., Duffy B., Nowak J., Clement Ch., Barka A.: Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2005, 71(9): 4951-4959.
- [3] Duer I. Fotyma M., Madej A.: Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej. MRiRW Warszawa, 2004, ss. 93.
- [4] Internet – [www.biopesticideindustryalliance.org](http://www.biopesticideindustryalliance.org).
- [5] Kabaluk T., Svircev A.M., Goettel M.S., Woo S.G.: The use and regulation of microbial pesticides in representative jurisdictions worldwide. IOBC Global, 2010, [www.IOBC-Global.org](http://www.IOBC-Global.org).
- [6] Köhl J., Fokkema N.J.: Strategies for biological control of necrotrophic fungal foliar pathogens. p. 49-87. In: *Plant-Microbe Interaction and Biological Control* (G.J. Boland, L.D. Kuykendall, eds.). Marcel Dekker, Inc., New York, 1998.
- [7] Lipa J.J., Pruszyński S.: Stan wykorzystania metod biologicznych w ochronie roślin w Polsce i na świecie. *Post. Ochr. Roślin./Prog. Plant Prot.*, 2010, 50(3): 1034-1043.
- [8] McSpadden et al.: Prioritized listing of microbial biological control agents to be included on the APS microbial genome sequencing list, 2003, [www.oardc.ohio-state.edu/apsbcc/MicSeqProposal](http://www.oardc.ohio-state.edu/apsbcc/MicSeqProposal).
- [9] Martyniuk S.: Skuteczne i nieskuteczne preparaty mikrobiologiczne stosowane w ochronie i uprawie roślin oraz rzetelne i nierzetelne metody ich oceny. *Post. Mikrob.*, 2011, 50(4): 321-328.
- [10] Matyjaszczyk E.: Rejestracja środków ochrony roślin w Polsce – uwarunkowania i stan aktualny. *Post. Ochr. Roślin./Prog. Plant Prot.*, 2008, 48(1): 34-40.
- [11] Pruszyński S.: Stan obecny i przewidywane kierunki zmian w ochronie roślin do roku 2020. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2009, 14: 207-241.
- [12] Pruszyński S., Wolny S.: *Przewodnik Dobrej Praktyki Ochrony Roślin*. IOR, Poznań, 2007, ss. 86.
- [13] Sosnowska D., Fiedler Ż.: Biologiczna ochrona upraw pod osłonami jako przykład udanego wykorzystania metody biologicznej. *Post. Ochr. Roślin./Prog. Plant Prot.*, 2010, 50(3): 1080-1088.
- [14] Tomalak M.: Rejestracja biologicznych środków ochrony roślin w Europie – nowe perspektywy. *Post. Ochr. Roślin./Prog. Plant Prot.*, 2007, 47(4): 233-240.
- [15] Tomalak M.: Rynek biologicznych środków ochrony roślin i przepisy legislacyjne. *Post. Ochr. Roślin./Prog. Plant Prot.*, 2010, 50(3): 1053-1063.
- [16] Tomalak M., Sosnowska D., Lipa J.: Tendencje rozwoju metod biologicznych w ochronie roślin. *Post. Ochr. Roślin./Prog. Plant Prot.*, 2010, 50(4): 1650-1660.
- [17] Van Lenteren J.C.: The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies but frustrating lack of uptake. *BioControl*, Springer, 2011, pp. 1-20. *Forum Paper*, [www.mendeley.com/research/state-commercial-augmentative-biological-control](http://www.mendeley.com/research/state-commercial-augmentative-biological-control).
- [18] Vessey J.K.: Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Pant and Soil*, 2003, 255: 571-586.
- [19] Walsh U.F., Morrissey J.P., O’Gara F.O.: *Pseudomonas* for biocontrol of phytopathogens: from functional genomics to commercial exploitation. *Environmental Biotechnology*, 2001, 12: 289-295.