

BIOLOGICZNE ŚRODKI OCHRONY ROŚLIN JAKO ALTERNATYWA DLA KONWENCJONALNYCH PESTYCYDÓW

OLAF KUJAWA, ŁUKASZ SOBIECH¹, MONIKA GRZANKA, ZUZANNA SAWINSKA
¹*Katedra Agronomii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Dojazd 11, 60-632 Poznań*

Synopsis. W ostatnich latach poczyniony został znaczny postęp w dziedzinie biologicznych metod ochrony roślin. Mnogość preparatów zawierających w swoim składzie organizmy żywe sprawia, że model biologicznej ochrony staje się coraz bardziej dostępny oraz łatwiejszy we wdrożeniu. Środki te znajdują zastosowanie w coraz szerszej gamie upraw polowych. Nowe ograniczenia, jak i problemy związane z konwencjonalną ochroną roślin są obecnie akceleratorem rozwoju w kierunku stosowania metod biologicznych. Niestety obecnie poziom rozwoju biologicznej ochrony roślin nadal nie jest na etapie zapewniającym wykorzystanie jej pełnego potencjału. Tendencja ta ulega jednak zmianie dzięki badaniom nad organizmami mogącymi stanowić składnik preparatów biologicznych. Rosnące zainteresowanie wykorzystaniem zarówno makro i mikroorganizmów oraz sukcesy w przeprowadzanych badaniach i doświadczeniach jak również ich pozytywna ocena pod kątem wpływu na środowisko naturalne pozwala na kontynuację pozytywnego trendu ukierunkowanego na wdrażanie nowych rozwiązań z zakresu biologicznej ochrony roślin.

Słowa kluczowe: biologiczne środki ochrony roślin, ochrona roślin, biopreparaty

METODY I ŚRODKI BIOLOGICZNEJ OCHRONY ROŚLIN

Biologiczna ochrona roślin to forma walki z agrofagami bez użycia środków chemicznych, która w znacznej części polega na wykorzystywaniu naturalnych antagonizmów występujących między poszczególnymi organizmami. Korzystając z tych zależności możliwe jest efektywne przeciwdziałanie agrofagom za pomocą innych organizmów. Nie są to jednak jedyne metody stosowane w ochronie biologicznej. Należy tutaj również zwrócić uwagę na obecność środków biotechnicznych takich jak: feromony, biostymulatory czy pochodne substancji naturalnych [Pruszyński i in. 2012]. Zarówno metody, jak i środki stosowane w kontekście biologicznej ochrony roślin różnią się w zależności od rodzaju agrofaga do walki, z którym są przeznaczone. Podstawowy podział zakłada wyodrębnienie środków takich jak: bioinsektycydy, biofungicydy, bionematocydy, biowirusocydy, biobakteriocydy oraz organizmy pożyteczne. Dywersyfikacja i specjalizacja produktów biologicznych, podobnie jak w konwencjonalnej ochronie roślin, ma na celu zwiększenie efektywności, jak i selektywności preparatu. Każda z wyżej wymienionych kategorii biopestycydów wykorzystuje naturalnie występujące w przyrodzie organizmy w celu ograniczenia bądź całkowitej eliminacji presji agrofaga. Celem niniejszej pracy była analiza metod biologicznej ochrony roślin, jej potencjału w porównaniu z powszechnie stosowanymi konwencjonalnymi środkami ochrony.

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* lukasz.sobiech@up.poznan.pl

BIOINSEKTYCYDY

Do bioinsektycydów zalicza się środki ochrony roślin przeznaczone do zwalczania szkodników żerujących na uprawach rolniczych. Zawierają one substancje entomopatogenne lub mikroorganizmy. Można w tym miejscu wyszczególnić różne grupy biopreparatów (tab. 1). Głównie kryterium podziału wynika z rodzaju substancji biobójczej lub rodzaju organizmu, który środek zawiera. Tym samym wyróżnia się bioinsektycydy na bazie bakterii, wirusów, nicieni czy grzybów.

Wiele preparatów jest opartych o bakterie *Bacillus thuringiensis*. Wysoka skuteczność tego mikroorganizmu wynika z mechanizmu jego działania. Zaraz po rozpoczęciu żerowania przez szkodnika na roślinie chronionej, do jego układu pokarmowego dostaje się krystaliczna toksyna, która rozłożona w przewodzie pokarmowym blokuje go, co zatrzymuje żer owada [Malinowski 2000]. Po niedługim czasie szkodnik umiera, a od jego pozostałości zarazić mogą się następne osobniki, czego efektem jest masowe wymieranie organizmów żerujących na roślinie chronionej [Tomalak i Sosnowska 2008]. Szybkie i selektywne działanie jest kluczowym czynnikiem pozwalającym na szerokie wykorzystanie preparatów na bazie tego mikroorganizmu na szerszą skalę jako alternatywa dla konwencjonalnych pestycydów.

Jako bioinsektycydy wykorzystuje się również wirusy chorobotwórcze. Należą do nich wirusy poliedrozy jądrowej (NPV) oraz wirusy granulozy (GV). Mechanizm działania wirusów jest do siebie zbliżony. Drogą infekcji jest przewód pokarmowy, po spożyciu rozpoczyna się replikacja wirusa w ciele owada. Wirus po dostaniu się do organizmu szkodnika powoduje rozpuszczanie się nabłonka, co prowadzi do śmierci w przeciągu kilku dni [Biocont 2021]. Wykryto 3 typy infekcji do których należą: infekcja hypodermy i tkanek, infekcja tkanek z wyłączeniem hypodermy oraz infekcja nabłonka jelita środkowego. Wirus GV w większości odnotowanych przypadków atakuje ciało tłuszczowe insekta. Mankamentem środków na bazie wirusów jest jednak ich tempo działania, zaprzestanie żerowania i śmierć następuje bowiem w ciągu 3 do 5 dni [Tomalak i Sosnowska 2008].

Kolejnym typem bioinsektycydów są środki oparte na biobójczym działaniu organizmów grzybowych. Do najczęściej wykorzystywanych w ochronie roślin grzybów należą *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces lilacinus* czy *Lecanicillium muscarium* (ex *Verticillium lecanii*) [Ciesielska i in. 2011]. Mechanizm działania tych preparatów sprowadza się do zainfekowania szkodnika i pasożytowania na nim. Grzyby rozwijają się w organizmie owada, co pozwala na ich dalsze rozmnażanie się i infekcje innych osobników. Wśród poszczególnych grzybów zaobserwowano różnice w oddziaływaniu mechanizmu letalnego na organizm gospodarza. *Lecanicillium muscarium* po kontakcie z owadem rozpoczyna wzrost, a przenikające ciało owada strzępki grzybni niszczą jego tkanki. Grzyb wytwarza zarodniki poza ciałem żywiciela co pozwala infekować kolejne osobniki [Koppert 2021]. W przypadku *Metarhizium anisopliae* tuż po kontakcie z insektem grzyb rozpoczyna rozwój, a po penetracji egzoszkieletu następuje gwałtowny wzrost powodujący śmierć owada. Transmisja grzyba zachodzi w wyniku kontaktu z innym osobnikiem [U.S. Environmental Protection Agency 2000]. Jako bioinsektycyd wykorzystywana jest również substancja spinosad wytwarzana przez mikroorganizmy. Substancja ta jest produktem fermentacji bakterii *Saccharopolyspora spinosa*. Działanie spinosadu polega na oddziaływaniu na komórki nerwowe owadów, co prowadzi do ich paraliżu, konsekwencją czego jest ich śmierć [Tello i in. 2013].

Tabela 1. Biologiczne preparaty insektycydowe

Table 1. Biological insecticide

Bioinsektycydy/Bioinsecticides	
Preparaty bioinsektycydowe na bazie bakterii/Bioinsecticide products based on bacteria	
Środek/Preparation	Szczep, <i>B. thuringiensis</i>/The strain, <i>B. thuringiensis</i>
Biobit, Dipel, Foray	<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>
Bactec Bernan	
BMP 123	
Condor, Crymax, Cutlass, Raven	
Forwabit	
Costar, Javelin, Thuricide, Vault	
Bactosid K	
Agrobac	
Troy-BT	
MVP, MVP II, M-Peril	
Bactimos, Gnatrol, Skeetal, VectoBac	<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>israelensis</i>
Aquabac, Aquabac Primary Powder	
Vectocide	<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>morrisoni</i>
Novodor	
M-trak	
Bactec Corp	
Xen Tari	<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i>
Agree, Design	
Matth	
Preparaty bioinsektycydowe na bazie wirusów/Bioinsecticide products based on viruses	
Środek/Preparation	Substancja czynna/Active ingredient
Capex	<ul style="list-style-type: none"> wirus granulozy zwójki siatkoweczki (<i>Adoxophyes orna</i> (AoGV)/<i>Adoxophyes orana</i> granulovirus (<i>Adoxophyes orna</i> (AoGV)) entomopatogeniczny wirus z rodziny <i>Baculoviridae</i>/entomopathogenic virus of the <i>Baculoviridae</i> family
Carpovirusine SC	Cydiapomonella granulosis virus (CpGV)
Preparaty bioinsektycydowe na bazie grzybów/Bioinsecticidal products based on fungi	
Środek/Preparation	Substancja czynna/Active ingredient
Naturalis	<i>Beauveria bassiana</i> szczep ATCC 74040 <i>Beauveria bassiana</i> strain ATCC 74040
Met52 granular	<i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i> szczep F52 <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i> strain F52
1020	<i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i> szczep F52 <i>Metarhizium anisopliae</i> var. <i>anisopliae</i> strain F52
Mycotal	<i>Lecanicillium muscarium</i>

BIOFUNGICYDY

Biofungicydy są grupą preparatów biologicznych przeznaczonych do zwalczania patogenów grzybowych (tab. 2). Są one w dużej mierze oparte o grzyby z rodzaju *Trichoderma*. Bazują na pasożytnictwie na innych organizmach grzybowych, wydzielaniu do ryzosfery substancji toksycznych spowalniających lub kompletnie hamujących rozwój patogenów grzybowych. W zależności od szczepu mogą również wykazywać działanie o charakterze mykodrapieżniczym [Ciesielska i in. 2011].

Grzyby z rodzaju *Trichoderma* kolonizują glebę w obrębie korzeni roślin. Charakteryzują się szybkim wzrostem oraz wykorzystaniem wielu dostępnych rodzajów związków chemicznych jako źródła pokarmu [Błaszczuk i in. 2014]. Kolejną cechą, która bezpośrednio wpływa na wykorzystanie tych grzybów jako biologicznej ochrony jest ich antagonistyczna natura względem obcych mikroorganizmów. Mechanizm ten polega na wysokiej konkurencji, nadpasożytnictwie oraz antybiozie. Grzyby z rodzaju *Trichoderma* są w stanie penetrować komórki, co prowadzi do śmierci innego organizmu [Vinale i in. 2008]. Innym istotnym z punktu widzenia ich przydatno-

Tabela 2. Biologiczne preparaty fungicydowe

Table 2. Biological fungicides

Biofungicydy/Biofungicides	
Preparaty biofungicydowe na bazie grzybów/Biofungicides products based on fungi	
Środek/Preparation	Substancja czynna/Active ingredient
Bio-Fungus Trichoderma 2000	<i>T. harzianum</i>
Trichodex	<i>T. harzianum</i>
Binab T	<i>T. harzianum</i> , <i>T. polysporum</i>
RootShield, Bio-Treck T-22G, Planter Box	<i>T. harzianum</i>
SoilGard	<i>T. virens</i>
Supresivit	<i>T. harzianum</i>
Trichopel, Trichoject, Trichodowels, Trichoseal	<i>T. harzianum</i> , <i>T. viride</i>
Contans WG	<i>Coniothyrium minitans</i>
Nexy	<i>Candida oleophila</i>
Polygreen Fungicide WP, Polyversum WP	<i>Pythium oligandrum</i>
Botector	<i>Aureobasidium pullulans</i>
Julietta	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> szczep LAS02 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> strain LAS02
Prestop WP	<i>Gliocladium catenulatum</i>
Preparaty biofungicydowe na bazie bakterii/Biofungicides products based on bacteria	
Środek/Preparation	Substancja czynna/Active ingredient
Mycostop	<i>Streptomyces griseoviridis</i>
Proradix	<i>Pseudomonas</i> sp. szczep DSMZ 13134 <i>Pseudomonas</i> sp. strain DSMZ 13134
Protexio	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> szczep QST 713 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> strain QST 713
Serenade ASO	<i>Bacillus subtilis</i> szczep QST 713/ <i>Bacillus subtilis</i> strain QST 713
Serifel	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> szczep BI600 <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> strain BI600

ści w ochronie roślin jest fakt, że grzyb ten produkuje szereg metabolitów wtórnych podobnych do antybiotyków. Wpływają one na niektóre wirusy oraz grzyby, blokując ich rozwój [Jamiołkowska i Hetman 2016].

Preparaty zawierające różniące się od *Trichoderma* szczepy grzybów charakteryzują się odmiennymi mechanizmami oddziaływania na patogeny. Za przykład może posłużyć *Pythium oligandrum*, który nie wchodzi w interakcje z patogenem. Grzyb ten stymuluje odporność rośliny aktywując jej mechanizmy obronne poprzez wydzielanie do środowiska oligandryny [Ciesielska i in. 2011]. Sam przebieg tego procesu oraz jego zasada działania nie są jednak do końca poznane. Zaobserwowano natomiast, że dolistna aplikacja substancji zawierających białko *P. oligandrum* powoduje znacznie szybszą i efektywniejszą reakcję obronną na infekcje grzybowe. Wszystko dzięki wysokiemu stężeniu grzybobójczych związków kumulujących się w miejscu, w którym doszło do zakażenia [Yacoub i in. 2020].

Mechanizm ukazany powyżej bazuje na stymulacji naturalnych systemów obronnych roślin, przy braku bezpośredniej interakcji między grzybami. Z kolei odmienne zachowanie prezentują preparaty oparte na grzybach takich jak *Aureobasidium pullulans*, czy *Candida oleophila*, które poza indukowaniem odporności roślin bazują także na konkurencji o ograniczone w przestrzeni życiowej zasoby. Zjawisko to pozwala na ich wykorzystanie do celów ochrony fungicydowej. Gatunki te produkują również grzybobójcze metabolity wtórne, które ograniczają rozwój innych grzybów. Warto również nadmienić, że wymienione procesy zachodzą jednocześnie, co wspomaga działanie fungistatyczne [Mazurkiewicz-Zapałowicz i in. 2021].

Do biologicznej walki z patogenami grzybowymi wykorzystywane są również preparaty zawierające w swoim składzie bakterie grzybobójcze takie jak *Streptomyces griseoviridis*, czy *Bacillus amyloliquefaciens* wykazujące działanie fungistatyczne przejawiające się co najmniej na dwa sposoby. Pierwszym z nich jest kolonizacja powierzchni korzeni rośliny jeszcze przed atakiem patogenu grzybowego, co pozwala ograniczyć przestrzeń dostępną dla grzybów atakujących, przez co mają one ograniczony dostęp i możliwości zakażenia rośliny. Drugi mechanizm sprowadza się do produkcji przez bakterie substancji, charakteryzujących się fitotoksycznym oddziaływaniem na grzyby. Do takich substancji zalicza się na przykład antybiotyk streptomycynę [Kortemaa i in. 1994].

BIONEMATOCYDY

Bionematocydy są środkami przeznaczonymi do zwalczania nicieni. Jest to to bardzo wąska grupa produktów, do których można zaliczyć grzyby i bakterie (tab. 3.). Bionematocydy oparte o *Purpureocillium lilacinum* wykorzystywane są do zwalczania nicieni z rodzaju *Meloidogyne*. W badaniach wykazano, że skutecznie chronią roślinę przed niekorzystnym wpływem agrofagów poprzez kolonizację skorupki jaj nicieni, kutykuli larw lub poprzez bezpośrednią penetrację przez grzybnię. Działanie to dodatkowo jest wspierane przez enzymy hydrolityczne, takie jak proteazy i chitynazy [Dahlin i in. 2019]. Z kolei *Bacillus firmus* I-1582 jest antagonistą nicieni *Meloidogyne* zdolnym samodzielnie degradować i kolonizować ich jaja, a także wywołać systemową odporność roślin. Efekt wspomaganie odporności, różni się w zależności od typu rośliny [Ghahremani i in. 2020].

Zupełnie inny mechanizm działania charakteryzuje się grzyb z rodzaju *Pasteuria nishizawae* wykorzystywany do walki z mątwikiem sojowym (*Heterodera glycines*). Nasiona zaprawione grzybem dostarczają do gleby zarodniki, które w momencie kontaktu z zewnętrzną warstwą kutykuli nicienia, rozpoczynają budowę rurki zarodnikowej. Po przeniknięciu w głąb

Tabela 3. Biologiczne preparaty nematocydowe

Table 3. Biological nematocides

Bionematocydy/Bionematocides	
Środek/Preparation	Substancja czynna/Active ingredient
MeloCon WG	<i>Purpureocillium lilacinum</i> szczep 251 <i>Purpureocillium lilacinum</i> strain 251
Clariva pn seed treatment	<i>Pasteuria nishizawae</i>
Bionem WP 5	<i>Bacillus firmus</i> szczep I1582 <i>Bacillus firmus</i> strain I1582

ciała, powoduje ona infekcje komórkami *Pasteuria nishizawae*. Ogranicza to znacznie możliwość rozmnażania się a następnie śmierć samicy. Samiec z kolei zostaje pozbawiony substancji odżywczych co również prowadzi do zgonu. W miarę rozkładu, z pozostałości zainfekowanego nicienia uwalniane są zarodniki *Pasteuria nishizawae* co pozwala na kontynuację ochrony [Syngenta 2021]. W Polsce środki tego typu są niedostępne, jednak w przeprowadzonych w kraju badaniach zaobserwowano redukcję populacji mątwika burakowego w uprawie buraka cukrowego o ponad 50% dzięki wykorzystaniu nicieniobójczego grzyba *Cylindrocarpon destructans* [Tomalak i Sosnowska 2008].

BIOWIRUSOCYDY

Biowirusocydy są grupą substancji jak dotąd bardzo słabo poznaną. Przykładem ich zastosowania w ochronie roślin jest wykorzystanie słabego szczepu wirusa żółtej mozaiki cukinii ZYMV – WK. Jego działanie oparte jest na mechanizmie ochrony krzyżowej. Jest on stymulatorem reakcji potranskrypcyjnego wyciszania genów (PTGS) w komórkach roślinnych na szczepy wirusa ZYMV, które powodują ciężką chorobę. Wirus replikuje się w podatnych na zakażenie organizmach, ale nie powoduje jawnej choroby roślin i jest słabo przenoszony przez wektory takie jak mszyce. Młode rośliny zaszczipione substancją czynną ZYMV-WK, przejawiają łagodne objawy chorobowe ujawniające się tylko na liściach (lokalne zmiany plamistości liści i wzór mozaikowy). Pozwala to uniknąć wystąpienia późniejszych wad rozwojowych owoców [Tomimatsu 2007].

BIODAKTERIOCYDY

Do biobakteriocydów można zaliczyć bakterie *Bacillus subtilis* oraz *Bacillus amyloliquefaciens*. Mechanizm działania *Bacillus subtilis* wykorzystywany w biologicznym zwalczaniu bakterii polega na powstrzymaniu zarodników patogenów roślinnych przed kiełkowaniem. Wyraźnie zaburza on wzrost zarodników jak również nie pozwala na przyłączenie się patogenu roślinnego do liścia [Hutton i in. 2000]. Inne działanie przejawia *Bacillus amyloliquefaciens*, którego aktywność przeciwbakteryjna jest oparta o działanie antybiotyków na bazie lipopeptydów. Szczególnie skuteczne działanie bakterii wykazuje w stosunku do *Agrobacterium tumefaciens* powodującej u roślin chorobę zwaną guzowatością korzeni [Ben Abdallah i in. 2015].

POŻYTECZNE MAKROORGANIZMY

Makroorganizmy pożyteczne, głównie ze względu na swoją skuteczność, są coraz częściej wykorzystywane do ochrony upraw rolniczych (tab. 4.). Mechanizm działania poszczególnych organizmów znacznie się od siebie różni. Do najważniejszych makroorganizmów pożytecznych należą drapieżne owady, nicienie owadobójcze oraz pasożytnicze błonkówki [Tomalak i Sosnowska 2008]. Wykorzystanie owadów drapieżnych bazuje na ich naturalnych mechanizmach. Drapieżnictwo umożliwia efektywną redukcję populacji niepożądanych agrofagów na plantacji, bez wykorzystywania dodatkowych środków ochrony. Niweluje to również zagrożenie związane z możliwością negatywnego oddziaływania środka ochrony roślin na organizmy pożyteczne. Drapieżniki wykorzystywane w ochronie są antagonistami wyłącznie organizmów szkodliwych dla upraw. Nie stanowią one zagrożenia dla plantacji.

Tabela 4. Biologiczne preparaty zawierające makroorganizmy

Table 4. Biological products with macro-organisms

Pożyteczne makroorganizmy/Useful macro-organisms	
Preparaty wykorzystujące owady drapieżne/Preparations using predatory insects	
Środek/Preparation	Gatunek owada/Insect species
ABS-System	<i>Amblyseius cucumeris</i>
Adalia-System	<i>Adalia bipunctata</i>
Andersoni-System	<i>Amblyseius anderson</i>
Atheta-System	<i>Atheta coriaria</i>
Californicus-System	<i>Amblyseius californicus</i>
Phytoseiulus-System	<i>Phytoseiulus persimilis</i>
Cryptobug	<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>
Preparaty wykorzystujące nicienie owadobójcze/Products using insecticidal nematodes	
Środek/Preparation	Gatunek nicienia/Nematode species
Larvanem	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
Capsanem	<i>Steinernema carpocapsae</i>
Entonem	<i>Steinernema feltiae</i>
Nemasys F	<i>Steinernema feltiae</i>
Nemasys L	<i>Steinernema kraussei</i>
Nemasys G	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>
Nemasys C	<i>Steinernema carpocapsae</i>
Preparaty wykorzystujące błonkówki pasożytnicze/Products using parasitic Hymenoptera	
Środek/Preparation	Organizm pożyteczny/Beneficial organism
Minusa	<i>Dacnusa sibirica</i>
Ercal	<i>Eretmocerus eremicus</i>
Encarsia/Eretmocerus	<i>Encarsia formosa</i>
Dacnusa sibirica	<i>Dacnusa sibirica</i>
EREMlcontrol	<i>Eretmocerus eremicus</i>
DIGLYcontrol	<i>Diglyphus isaea</i>

Koleją grupą bioinsektycydów są środki oparte na nicieniach owadobójczych (tab. 4). Nicienie wykorzystywane w biopreparatach są wyselekcjonowanymi gatunkami o konkretnych preferencjach co do żywicieli. Niweluje to zagrożenie związane z porażeniem przez nie organizmów niebędących celem zabiegu, takim jak na przykład dżdżownice [Royal Brinkman 2021]. Mechanizm działania oparty jest na pasożytnictwie względem larwy owada. Nicień po dostaniu się poprzez otwory w ciele owada, takie jak przetchlinki czy otwór gębowy rozpoczyna pasożytniczy tryb życia [Koppert 2021]. Żyjąc w ciele owada nicienie namnażają się, aż do momentu wyczerpania składników pokarmowych lub przestrzeni do życia. Gdy to nastąpi emigrują z ciała owada. Są one w stanie przeżyć w glebie przez nawet 14 dni korzystając w tym czasie ze zgromadzonych substancji pokarmowych w swoim ciele. Nicienie w tym czasie intensywnie poszukują nowego żywiciela co pozwoli im na infekcje kolejnego osobnika i kontynuację swojego cyklu biologicznego [Kowalska 2006].

Trzecim makroorganizmem pożytecznym są pasożytnicze błonkówki (tab. 4.). Charakteryzują się one odmiennym cyklem biologicznym w zależności od gatunku. Jednak posiadają one wspólne cechy, do których należy składanie jaj w ciele owadów. Dzięki temu skutecznie redukują populacje agrofagów na plantacjach [Tomalak i Sosnowska 2008].

PERSPEKTYWY BIOLOGICZNYCH ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN

Biorąc pod uwagę wzrost wykorzystania biologicznych środków ochrony roślin oraz rosnący rynek biopreparatów, obserwuje się wzrost wartości rynku biopestycydów z 0,9% udziału w rynku ochrony roślin w 1999 roku do 5,6% w 2016 [McDougall 2018]. Jest to jednoznaczny sygnał, że rolnictwo coraz wyraźniej zaczyna dostrzegać korzyści wynikające z biologicznej ochrony roślin. Zwiększające się zapotrzebowanie, stymuluje rozwój w kierunku badań, skupiających się na poszukiwaniu nowych i bezpiecznych metod biologicznej ochrony roślin [Panasiewicz i in. 2007]. Istotnym faktem jest również prognoza zakładająca wzrost wartości rynku biologicznych preparatów do 10 miliardów dolarów w 2025 roku co tylko umocni pozycję tego typu środków. Przyczyniają się do tego nowopowstałe star-upy takie jak Indigo, AgBiome, Benson Hill, Biosystems oraz wiele innych. Niestety w porównaniu z globalnym rynkiem konwencjonalnych środków ochrony roślin, metody biologiczne nadal stanowią margines, co wyraźnie pokazują dane szacujące wartość rynku konwencjonalnych preparatów na 60 miliardów dolarów [Flueckiger 2021]. Powodem takiego stanu rzeczy jest wciąż niska skuteczność poszczególnych grup środków ochrony roślin w zestawieniu z ich chemicznymi odpowiednikami, jak również złożony mechanizm działania, którego efekt w większości przypadków jest rozłożony w czasie. W związku z tym wymagane do skutecznego działania warunki takie jak temperatura czy wilgotność muszą utrzymywać się przez znacznie dłuższy okres czasu co w warunkach zmienności pogodowej jest trudne do osiągnięcia. Jednak pomimo ograniczeń, sytuacja ulega zmianie na korzyść metod biologicznych. Obecnie społeczeństwo coraz większą uwagę zwraca się na ograniczanie ilości chemicznych środków ochrony roślin, które trafiają do środowiska [Carvalho 2017]. Dodatkowo w Unii Europejskiej została wprowadzona strategia „Od pola do stołu”, która jest częścią tzw. Zielonego Ładu. Zakłada ona między innymi redukcję zużycia chemicznych środków ochrony roślin o 50% oraz przeznaczenie 25% gruntów rolnych na terenie Unii Europejskiej na cele produkcji ekologicznej do 2030 roku [Komisja Europejska 2020]. Czynnikiem przemawiającym na korzyść zwiększenia wykorzystania biologicznych środków ochrony roślin jest również konieczność sprostania postępującemu problemowi odporności agrofagów na substancje aktywne preparatów syntetycznych [Samada i Tambunan 2020].

PODSUMOWANIE

Wykorzystanie biologicznych metod ochrony roślin jest obecnie coraz częściej rozważane w kontekście bardziej efektywnej walki z agrofagami. Powodem tego jest między innymi ich rosnąca odporność na chemiczne środki ochrony roślin, co wynika ze skupienia się człowieka na korzyściach płynących z ochrony chemicznej. Biologiczna ochrona roślin jest coraz częściej brana pod uwagę również ze względów prawnych. Nowe obostrzenia w kwestii ochrony roślin nakładane przez organizacje międzynarodowe oraz poszczególne kraje stwarzają dogodne środowisko do rozwoju biologicznych metod ochrony roślin. Zwraca się tu zdrowia ludzi i zwierząt, a także środowiska.

PIŚMIENNICTWO

- Ben Abdallah D., Frikha-Gargouri O., Tounsi S. 2015. *Bacillus amyloliquefaciens* strain 32a as a source of lipopeptides for biocontrol of *Agrobacterium tumefaciens* strains. *J. Appl. Microbiol.* 119(1): 196–207. Biocont (<https://biocont.pl>)
- Błaszczak L., Siwulski M., Sobieralski K., Lisiecka J., Jędrzycka M. 2014. *Trichoderma* spp. – application and prospects for use in organic farming and industry. *J. Plant Prot. Res.* 54(4): 309–317.
- Carvalho F. P. 2017. Pesticides, environment, and food safety. *Food Energy Secur.* 6(2): 48–60.
- Ciesielska J., Malusà E., Sas Paszt L. 2011. Środki Ochrony Roślin Stosowane w Rolnictwie Ekologicznym 889: 1–81.
- Dahlin P., Eder R., Consoli E., Krauss J., Kiewnick S. 2019. Integrated control of *Meloidogyne incognita* in tomatoes using fluopyram and *Purpureocillium lilacinum* strain 251. *Crop Prot.* 124, art. No. 104874.
- Flueckiger C. 2021. Opportunity increasing for smaller and mid-size companies to compete with the multinationals in biological sector (<https://news.agropages.com>).
- Ghahremani Z., Escudero N., Beltrán-Anadón D., Saus E., Cunquero M., Andilla J., Sorribas F.J. 2020. *Bacillus firmus* Strain I-1582, a nematode antagonist by itself and through the plant. *Front. Plant Sci.* 11: art. No. 796.
- Hutton P., Szuhay D., Kough J., Watson M. T., Etsitty C., Vaituzis Z., Mendelson M., Cerrelli S., Hill H. 2000. *Bacillus subtilis* Strain QST 713 (PC Code 006479). Biopesticide Registration Action Document: 713.
- Jamiołkowska A., Hetman B. 2016. Mechanizm działania preparatów biologicznych stosowanych w ochronie roślin przed patogenami. *Ann. UMCS, Sectio E Agricultura* 71: 13–29.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Strategia „od pola do stołu” na rzecz sprawiedliwego, zdrowego i przyjaznego dla środowiska systemu żywnościowego. Bruksela, dnia 20.5.2020 r. COM(2020) 381 final.
- Koppert (www.koppert.pl)
- Kortema H., Rita H., Haahtela K., Smolander A. 1994. Root-colonization ability of antagonistic *Streptomyces griseoviridis*. *Plant Soil* 163(1): 77–83.
- Kowalska J. 2006. Wzajemne powiązania pomiędzy nicieniami owadobójczymi, owadami i bakteriami oraz ich wykorzystanie w praktyce. *Wiad. Parazytologiczne* 52(2): 93–98.
- Malinowski H. 2000. Wykorzystanie *Bacillus thuringiensis* w ochronie roślin: perspektywy i ograniczenia. *Biotechnologia* 3(3): 81–92.
- Mazurkiewicz-Zapałowicz K., Ryplewska R., Biedunkiewicz A., Łopusiewicz Ł. 2021. Możliwości wykorzystania drożdży w biologicznej ochronie roślin. *Prog. Plant Prot.* 61(4): 1–11.
- McDougall P. 2018. Evolution of the crop protection industry since 1960, Informa, pp. 18.
- Pruszyński S., Bartkowski J., Pruszyński G. 2012. Integrowana ochrona roślin w zarysie. Wyd. CDR w Brwinowie, Oddział w Poznaniu, ss. 56.
- Royal Brinkman (<https://royalbrinkman.pl>)
- Samada L. H., Tambunan U. S. F. 2020. Biopesticides as promising alternatives to chemical pesticides: a review of their current and future status. *J. Biol. Sci.* 20: 66–76.
- Syngenta (www.syngentaseedcare.com)

- Tello V., Díaz L., Sánchez M. 2013. Side effects of the natural pesticide Spinosad (GF-120 formulation) on *Eretmocerus paulistus* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of the whitefly *Aleurothrixus fockosus* (Hemiptera: Aleyrodidae), under laboratory conditions. *Ciencia e Investigacion Agraria* 40(2): 407–417.
- Tomalak M., Sosnowska D. (red.). 2008. Organizmy pożyteczne w środowisku rolniczym. Wyd. IOR-PIB, Poznań, ss. 95.
- Tomimatsu G. 2007. Biopesticide Registration Action Document for Zucchini Yellow Mosaic Virus – Weak Strain PV-593, „Strain”.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2000. Biopesticides Registration Action Document: *Metarhizium anisopliae* strain F52.
- Vinale F., Sivasithamparam K., Ghisalberti E.L., Marra R., Woo S.L., Lorito M. 2008. Trichoderma – plant-pathogen interactions. *Soil Biol. Biochem.* 40(1): 1–10.
- Wojtkowiak-Gębarowska E. 2006. Mechanizmy zwalczania fitopatogenów glebowych przez grzyby z rodzaju *Trichoderma*. *Post. Mikrobiol.* 45(4): 261–273.
- Yacoub A., Haidar R., Gerbore J., Masson C., Dufor M. C., Guyoneaud R., Rey P. 2020. *Pythium oligandrum* induces grapevine defence mechanisms against the trunk pathogen *Neofusicoccum parvum*. *Phytopathol. Mediterranea* 59(3): 565–580.

O. KUJAWA, Ł. SOBIECH, M. GRZANKA, Z. SAWINSKA
**BIOLOGICAL PLANT PROTECTION PRODUCTS
AS AN ALTERNATIVE TO CONVENTIONAL PESTICIDES**

Summary

In recent years, great progress has been made in biological methods of plant protection. The multitude of preparations containing living organisms makes the model of biological protection more and more available and easier to implement. These products are used in an increasingly wide range of field crops. New constraints as well as problems associated with conventional plant protection are now accelerating development towards the use of biological methods. Unfortunately, at present the level of development of biological plant protection is still not at a stage where its full potential can be exploited. However, this trend is changing thanks to research on organisms that can be incorporated into biological preparations. The growing interest in the use of both macro- and micro-organisms and the success of studies and experiments conducted, as well as their positive assessment in terms of their impact on the environment, allows the continuation of the positive trend aimed at implementing new solutions in the field of biological protection of plants.

Key words: biological plant protection products, plant protection, bioproducts

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 20.09.2022

Do cytowania – *For citation*

Kujawa O., Sobiech Ł., Grzanka M., Sawinska Z. 2022. Biologiczne środki ochrony roślin jako alternatywa dla konwencjonalnych pestycydów. *Fragm. Agron.* 39(1): 38–47.