

DONATA KOSICKA, AGNIESZKA WOLNA-MARUWKA, MARTA TRZECIAK

*Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Szydlowska 50, 60-656 Poznań
E-mail: dkosicka@gmail.com
amaruwka@up.poznan.pl
mt.marta.trzeciak@gmail.com*

WPŁYW PREPARATÓW MIKROBIOLOGICZNYCH NA GLEBĘ ORAZ WZROST I ROZWÓJ ROŚLIN*

WSTĘP

Degradacja środowiska spowodowana wykorzystaniem w uprawie roli nawozów mineralnych oraz chemicznych środków ochrony roślin przyczyniła się do poszukiwania alternatywnych metod ochrony roślin. W Polsce i krajach UE od 1 stycznia 2014 r. obowiązuje integrowana ochrona roślin wprowadzona w formie Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Zgodnie z zasadami określonymi w załączniku III do dyrektywy 2009/128/WE: „Nad metody chemiczne przedkładać należy zrównoważone metody biologiczne, fizyczne i inne metody niechemiczne, jeżeli zapewniają one zadowalającą ochronę przed organizmami szkodliwymi” (PRUSZYŃSKI i współaut. 2012). Do jednego ze sposobów ograniczenia chemizacji rolnictwa jest wprowadzenie do gleby efektywnych środków biologicznych, których celem jest ochrona roślin przed patogenami oraz korzystny wpływ na wzrost i rozwój roślin. Wysoką skutecznością charakteryzują się preparaty mikrobiologiczne, w skład których wchodzi odpowiednio dobrane, pożyteczne mikroorganizmy, które powszechnie występują w środowisku naturalnym. Najpopularniejszymi preparatami mikrobiologicznymi, wykorzystywanymi w ochronie roślin są: szczepionki wiążące azot atmosferyczny, szczepionki

mikoryzowe, *Trichoderma*, Azotobakteryna, Fosfobakteryna, preparaty entomopatogenne oraz preparaty EM (Efektywne Mikroorganizmy). Każdy z wymienionych biopreparatów charakteryzuje się odmiennym schematem działania, lecz wszystkie, po wprowadzeniu do podłoża, wywierają korzystny wpływ na rośliny poprzez zwiększenie przyswajalności składników trudnodostępnych dla roślin, ograniczenie procesów gnilnych, poprawę zdolności próchnicotwórczych, eliminację patogenów oraz poprawę wzrostu i jakości płodów rolnych. Jak wynika z badań MARTYNIUKA (2010), przygotowanie wysokiej jakości preparatu mikrobiologicznego jest niezwykle trudne, a proces jego wytwarzania wieloetapowy, na który składa się: zgromadzenie kolekcji różnych szczepów mikroorganizmów, długotrwałe rozmnażanie mikroorganizmów oraz kontrolowanie czystości uzyskiwanej biomasy, przygotowanie nośnika oraz mieszanie biomasy z nośnikiem i konfekcjonowanie szczepionki. Szczególną trudność stanowi przeprowadzanie kontroli prawidłowości przebiegu procesu rozmnażania mikroorganizmów na każdym jego etapie. Istotne jest utrzymanie wysokiego poziomu sterylności, związanego z zachowaniem czystości produktu wprowadzanego do handlu.

*Niniejsza praca została zrealizowana w ramach projektu badawczego NCN nr N N305 036 140.

BAKTERIE WIĄŻĄCE AZOT ATMOSFERYCZNY

Jednym z dostępnych na rynku preparatów są szczepionki zawierające w swoim składzie mikroorganizmy wiążące azot atmosferyczny. Żyjące w glebie bakterie zasiedlające strefę przykorzeniową zdaniem KALITKIEWICZ i KĘPCZYŃSKIEJ (2008) przyczyniają się do wzrostu roślin, jako tzw. PGPR (ang. plant growth-promoting rhizobacteria). Bakterie wiążące azot atmosferyczny znajdują zastosowanie w rolnictwie, ogrodnictwie oraz leśnictwie, a także w remediacji środowiska. Obecnie znanych jest kilkadziesiąt szczepów PGPR (*Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Erwinia* sp., *Enterobacter* sp.), stanowiących obiekty badań laboratoryjnych i polowych. Bakterie wiążące azot atmosferyczny dostarczają roślinom składników mineralnych, syntetyzują fitohormony stymulujące wzrost roślin, do których zalicza się auksyny, cytokiny, gibereliny, a także obniżają poziom niekorzystnie wpływającego na ukorzenie roślin etylenu oraz chronią rośliny przed działaniem fitopatogenów.

Według CHENG (2008), szacunkowo azot dostarczany jest do roślin w ilości 139–170 mln ton rocznie, z czego 70–80% jest pobierane w wyniku biologicznego wiązania azotu atmosferycznego (BWAA) przez bakterie symbiotyczne. Biologiczne wiązanie azotu atmosferycznego zdaniem VANCE (1998) jest możliwe przy udziale bakterii, które redukują azot atmosferyczny za pomocą układu enzymatycznego, w którym kluczową rolę odgrywa nitrogenaza. LIBUDZISZ i współaut. (2008) wykazali, że do bakterii brodawkowych tworzących układ symbiotyczny z roślinami motylkowatymi należą bakterie z rodzaju *Rhizobium* i *Bradyrhizobium*, a w symbiozie główną rolę odgrywają brodawki korzeniowe, odpowiedzialne za wymianę składników pokarmowych między symbiontami. MATYSIAK (2009) podkreśla, że z ekologicznego punktu widzenia symbioza bakterii brodawkowych z roślinami jest zjawiskiem korzystnym, ponieważ przyczynia się do ograniczenia stosowania nawozów azotowych wpływających

negatywnie na środowisko. Przykładem wiązania azotu atmosferycznego przez bakterie brodawkowe jest współdziałanie *Rhizobium leguminosarum* var. *trifolii* z korzeniami koniczyny oraz *Sinorhizobium meliloti* z korzeniami lucerny. Szczepionki mikrobiologiczne zawierające w swoim składzie bakterie wiążące azot atmosferyczny generowane są odpowiednio dla każdej rośliny motylkowatej. Najpopularniejszym takim biopreparatem jest Nitragina stosowana do zaprawiania nasion roślin motylkowatych.

PATTEN i GLICK (2002) w swoich doświadczeniach zaobserwowali, że zainokulowanie nasion fasoli *Bradyrhizobium* sp. wpłynęło korzystnie na wydłużenie międzywęźli i wzrost poziomu giberelin. Wykazali także, że *Rhizobium leguminosarum* var. *trifolii*, prócz giberelin, produkuje także kwas indoliloctowy (ang. indole-3-acetic acid, IAA), który należy do naturalnych hormonów z grupy auksyn. LI i współaut. (2000) stwierdzili, że IAA wydzielany przez bakterie brodawkowe wpływa na działanie auksyn roślinnych podczas wzrostu korzenia, przez stymulację podziału i wydłużenia komórek roślinnych. KALITKIEWICZ i KĘPCZYŃSKA (2008) opisują, że na wydłużenie korzeni wpływa niski poziom bakteryjnego IAA, natomiast wysoki przyczynia się do pobudzenia tworzenia korzeni przybyszowych i bocznych. Na podstawie wyników uzyskanych przez PATTEN i GLICK (2002) można wnioskować, że IAA pełni kluczową rolę w rozwoju głównego systemu korzeniowego rośliny. PENROSE i GLICK (2003) wykazują, że pozytywny wpływ szczepionek zawierających w swoim składzie bakterie wiążące azot atmosferyczny polega na hamowaniu efektów działania fitopatogenicznych mikroorganizmów. Według KALITKIEWICZ i KĘPCZYŃSKIEJ (2008) do efektów działania BWAA zaliczyć należy zwalczanie patogenów oraz wytworzenie odporności systemicznej roślin, a zatem BWAA stanowią alternatywę dla stosowanych syntetycznych pestycydów.

MIKORYZA

Kolejnymi, dostępnymi na rynku preparatami są szczepionki mikoryzowe. Mikoryza to występujące między grzybami a korzeniami roślin oddziaływanie symbiotyczne, które polega na rozkładzie przez grzyby materii or-

ganicznej, a tym samym udostępnia roślinom trudno przyswajalne pierwiastki (LIBUDZISZ i współaut. 2008).

MARTYNIUK (2010) wykazuje, że oddziaływanie symbiotyczne występujące między

grzybami a drzewami leśnymi, to ektomikoryzy, natomiast oddziaływania między grzybami a roślinami zielnymi, w większości roślinami uprawnymi, to endomikoryzy. HILSZCZYŃSKA (2009) do grzybów ektomikoryzowych zalicza gatunki o odmiennej aktywności symbiotycznej, która w różnym stopniu oddziałuje na rośliny, np. na przyswajanie składników pokarmowych. W przypadku stosowania grzybów ektomikoryzowych w szkółkach leśnych ich aktywność uzależniona jest od składu autochtonicznej mikroflory wytworzonej w sposób spontaniczny lub w wyniku zabiegów uprawowych (HILSZCZYŃSKA 2009). GARBAYE i CHURIN (1997) wykazują, że jednymi z mikoryz, które są odporne na niekorzystne warunki środowiska (nadmierne uwilgotnienie, przesuszenie podłoża) są mikoryzy grzyba *Thelephora terrestris*. Badania dotyczące struktury mikoryz u sadzonek sosny z odkrytym systemem korzeniowym przeprowadzone przez URSIC i współaut. (1997) wykazały, że dominującym typem mikoryz u jedno- i dwuletnich sadzonek sosny były mikoryzy wytworzone przez *T. terrestris*. Zdaniem KUBIAK (2006) istotnym aspektem skuteczności szczepionek mikoryzowych jest sposób ich aplikacji oraz aspekty techniczno-technolo-

giczne, a dobór technologii nawożenia ciekłego i doglebowego wybranych nawozów dostępnych na polskim rynku zależy od fazy wzrostu roślin. W przypadku połączenia nawożenia doglebowego i dolistnego z mikoryzą istotna jest temperatura oraz wilgotność podłoża, ponieważ ma to znaczący wpływ na tempo uwalniania składników pokarmowych z nawozów. Według KSIĘŻNIAK (2014) stosowanie szczepionek mikoryzowych wpływa korzystnie na środowisko, ponieważ przyczynia się do poprawy przepływu wody i składników pokarmowych w środowisku glebowym, co prowadzi do szybszego wzrostu roślin. Powodują one także zwiększenie odporności systemu korzeniowego na glebowe patogeny chorobotwórcze oraz przekształcenie środowiska biotycznego w sferze korzeniowej. Mikoryza przyczynia się ponadto do tworzenia gruzelków zwiększających żyzność gleby. Z badań PERRIN (1990) wynika, że szczepionki mikoryzowe przyczyniają się do usuwania z gleby drobnoustrojów chorobotwórczych, do których należy zaliczyć: *Verticillium*, *Fusarium*, *Phytophthora* oraz nicienie, prowadząc tym samym do wzrostu odporności roślin.

TRICHODERMA

Kolejną grupą mikroorganizmów wchodzących w skład szczepionek mikrobiologicznych są grzyby strzępkowe z rodzaju *Trichoderma* sp., które zdaniem EBTSAM i współaut. (2009) są powszechnie występującymi organizmami antagonistycznymi. Dzięki swoim właściwościom litycznym w stosunku do patogenów roślinnych, wykorzystywane są w uprawie wielu roślin. BENÍTEZ (2004) wykazuje, że poszczególne izolaty *Trichoderma* różnią się działaniem antagonistycznym w stosunku do patogenów roślinnych. Zdaniem HOWELL (2003) grzyby te mają zdolności do produkcji antybiotyków oraz pasożytniczego oddziaływania w stosunku do patogenów roślinnych. Według PIETR (1997), grzyby strzępkowe z rodzaju *Trichoderma* charakteryzują się dużą szybkością wzrostu, obfitym zarodnikowaniem, tworzeniem antybiotyków peptydowych, produkcją enzymów celulolitycznych i hydrolitycznych. Ponadto cechuje je zdolność do pasożytnictwa oraz łatwość wykorzystywania związków organicznych i nieorganicznych. Przejawiają one także silny antagonizm w stosunku do patogenów gle-

bowych z rodzaju *Sclerotinia*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Fusarium*, *Gaeumannomyces*, *Verticillium*, przyczyniających się do powstania u roślin zgorzeli siewek oraz gnicia korzeni. Zdaniem PIĘTY (1997), ze względu na dość szeroki wachlarz zwalczanych patogenów glebowych przez grzyby *Trichoderma*, stosuje się je do produkcji biopreparatów znajdujących zastosowanie w ochronie środowiska glebowego oraz indukowaniu odporności roślin poprzez zaprawianie nasion, bulw, cebul oraz opryskiwaniu nadziemnych części roślin. SADOWSKI i współaut. (2005) oraz MASTOURI i współaut. (2010) wykazują, że stosowanie tych grzybów w zaprawach nasiennej wpływa korzystnie na kondycję siewek. Według HARMAN (2000) izolaty *Trichoderma* mają korzystny wpływ na wzrost roślin poprzez zwiększenie tolerancji na stresy abiotyczne oraz stymulację systemu korzeniowego. Przyczynia się to do polepszenia pobierania wody oraz składników pokarmowych. Stosowanie preparatów mikrobiologicznych zawierających w swoim składzie grzyby strzępkowe z rodzaju *Trichoderma* odbywa

się poprzez zaprawiane nasion np. marchwi, co korzystnie wpływa na ich uprawę. Badania przeprowadzone przez PIEGŻĘ i współaut. (2009) potwierdzają najsilniejszy wpływ *Trichoderma harzianum* na wzrost patogenów glebowych, co prowadzi do prawie całkowitego zahamowania ich wzrostu. Z badań przeprowadzonych przez SOBOLEWSKIEGO i współaut. (2013) wynika, że zaprawianie nasion marchwi wybranymi izolatami grzybów z rodzaju *Trichoderma* wpływa korzystnie na zwiększenie liczby zdrowych siewek, w porównaniu do kombinacji kontrolnej, w której znajdowały się nasiona niezaprawione. SOB-

LEWSKI i współaut. (2013) udowodnili także pozytywny wpływ *Trichoderma harzianum* na ograniczenie porażenia siewek marchwi przez zgorzel wywołowaną przez *Pythium* sp. MASTOURI i współaut. (2010) wykazują z kolei korzystny wpływ zaprawy nasiennej, w której skład wchodzi izolat grzybów *Trichoderma* sp. na nasiona pomidora. Inokulacja wymionym grzybem przyczyniła się do większego kiełkowania nasion, które były narażone na stres biotyczny oraz zmniejszenie liczby siewek ze zgorzelą powodowaną przez *Pythium ultimum*.

AZOTOBAKTERYNA

Kolejnym przykładem preparatu mikrobiologicznego znajdującego zastosowanie w rolnictwie i ogrodnictwie jest Azotobakteryna, w skład której wchodzi bakterie z rodzaju *Azotobacter* sp. Jak wykazali NOWAK (1998) oraz SCHLEGELA (2003) bakterie te to gram ujemne pałeczki tlenowe wykazujące zdolność przyswajania azotu z powietrza, przez co wzbogacają środowisko glebowe w związki azotowe. LENART i CHMIEL (2008) udowodnili, że bakterie z rodzaju *Azotobacter* są organizmami podatnymi na wszelkie zanieczyszczenia w środowisku glebowym. Zastosowanie Azotobakteryny w uprawie roślin okopowych, krzyżowych i niektórych warzywnych przyczynia się do wzrostu plonowania oraz korzystnie wpływa na rozwój roślin poprzez dostarczenie roślinom azotu. Do produkcji doglebowych szczepionek bakteriowych najczęściej wykorzystywany jest gatunek *Azotobacter chroococcum*, który ze względu na zdolności wiązania wolnego azotu atmosferycznego i udostępniania go roślinom wyższym w formie przyswajalnej jest pożyteczny dla rolnictwa (LENART i CHMIEL 2008), ponieważ produkuje substancje mające istotny wpływ na wzrost i rozwój roślin oraz przejawia zdolności do produkcji związków hamujących rozwój patogenów. KAMIŃSKI i współaut. (1998) stwierdzili, że bakterie wchodzące w skład Azotobaktery-

ny wiążą azot atmosferyczny tylko w czasie swojego wzrostu, co wiąże się z wykorzystaniem energii na pozostałe procesy życiowe. Drobnoustroje wchodzące w skład azotobakteryny przyswajają azot na własne potrzeby przemian metabolicznych i nie wydzielają go do środowiska. Według KAMIŃSKIEGO i współaut. (1998) gleba wzbogacana jest w azot dopiero po obumarciu komórek *Azotobacter*. Według KENNEDY'EGO i TCHAN (1992) wchodzące w skład Azotobakteryny bakterie wiążące azot cząsteczkowy dostarczają do gleby tylko niewielkie ilości N_2 przyswajalnego dla roślin, a zdaniem MARTYNIUKA (2010) właśnie niewielkie ilości zasymilowanego azotu wywierają korzystny wpływ na metabolizm glebowy i na żyzność gleby. LENART i CHMIEL (2008) w swoich badaniach wykazali, że substancje szkodliwe, do których należą między innymi metale ciężkie, wpływają negatywnie na procesy życiowe mikroorganizmów glebowych, w tym *Azotobacter* sp., prowadząc w ostateczności do ich obumarcia, co skutkuje obniżeniem żyzności glebowej. Substancje szkodliwe wywierają negatywny wpływ na pożyteczne bakterie glebowe powodując ich unieczynnienie. Wprowadzone do środowiska glebowego drobnoustroje w postaci preparatów mikrobiologicznych również negatywnie reagują na duże stężenie metali ciężkich w podłożu.

FOSFOBAKTERYNA

Od końca lat 90. XX w. w rolnictwie ekologicznym stosowany jest preparat pod nazwą Fosfobakteryna (NOWAK 1998). KUCEY i współaut. (1989) zbadali, że w skład preparatu Fosfobakteryny wchodzi zarodniki bakte-

rii *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, które przyczyniają się do wzrostu plonów. Z danych przedstawionych przez KUREK i OZIMEK (2008) *Bacillus* obecny w preparatach mikrobiologicznych jest odpowiedzialny za

stymulację wzrostu roślin poprzez wiązanie N_2 i uwalnianie fosforu z nierozpuszczalnych form glebowych. Jest ponadto źródłem fitohormonów i witamin z grupy B oraz związków o charakterze antygrzybicznym. Autorzy wykazali również, że stosowanie Fosfobakteryny wpływa na uruchomienie uwstecznionego fosforu glebowego, który uzupełnia zmniejszoną w doświadczeniu o 50% dawkę nawożenia fosforanowego, a także wywiera korzystny wpływ na polepszenie właściwości gleby. Istnieją jednakże badania przeprowadzone w latach 60. w USA, z których wyni-

ka, że zastosowanie Fosfobakteryny nie przyniosło pożądanego efektu w uprawach owsa, sorgo i pszenicy, a także nie spowodowało stymulacji wzrostu pomidorów uprawianych w szklarni w glebie, której właściwości odpowiadały czarnoziemom (KUČEY i współaut. 1989). Dane te wskazują, że istotny wpływ na efektywność zastosowanego preparatu mikrobiologicznego mają warunki klimatyczne i glebowe danego regionu oraz typ uprawy. Nie bez znaczenie pozostaje także zasobność gleb w węgiel organiczny i dostępność fosforu.

PREPARATY ENTOMOPATOGENNE

Kolejnym preparatem mikrobiologicznym stosowanym w celu ograniczenia występowania szkodliwych organizmów, w tym przypadku owadów, na plantacjach roślin uprawnych są preparaty entomopatogenne. W skład preparatów tych wchodzi mikrobiologiczne insektycydy, przyczyniające się do eliminacji stonogów w różnych stadiach rozwojowych (BOCZEK 2008). Mikroorganizmy wchodzące w skład biopreparatów umieszczane są w kapsułkach ze względu na podatność na rozkład pod wpływem promieni ultrafioletowych oraz suchego powietrza. Wewnątrz kapsułek znajdują się toksyny lub zarodniki. Zdaniem BAŁAZY (2006) w skład preparatów entomopatogennych wchodzi głównie grzyby mitosporowe *Deuteromycota*, które należą do grzybów niedoskonałych, niezdolnych do rozmnażania płciowego. MALINOWSKI (2009) wykazał, że do grzybów mitosporowych należą *Beauveria brongniartii* wpływająca na stadia rozwojowe *Melolontha* spp. (chrabąszczy), *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* i *Verticillium lucanii*, a główną ich zaletą jest zdolność do masowego rozwoju na sztucznych pożywkach,

dzięki czemu są szeroko wykorzystywane w ochronie środowiska. Preparaty entomopatogenne znajdujące zastosowanie w środowisku leśnym w znacznym stopniu przyczyniają się do ograniczenia liczebności szkodników, np. grzyb *Entomophaga auliacae* prowadzi do redukcji liczebności strzygoni choinówki (*Panolis flammea*) i kuprówki rudnicy (*Euproctis chrysorrhoea*) (BAŁAZY 2006). MARKOWA (2000) stwierdza, że zastosowanie preparatów entomopatogennych, w skład których wchodzi szczepy grzybów: *P. farinosus*, *V. lecanii*, *B. bassiana* oraz *M. anisopliae* powodują wysoką śmiertelność chrząszczy kornika drukarza. Ponadto dużą rolę w zwalczaniu pasożytów zdaniem BOCZEK (2008) odgrywają bakterie glebowe z rodzaju *Bacillus*, wśród których najszerszej stosowanym jest *B. thuringiensis* (*Bt*), działający destrukcyjnie na przewód pokarmowy owada. Do zwalczania komarów wykorzystuje się szczep *B. israelensis*, natomiast *B. kurstaki*, *B. aizawai*, *B. berliner* wpływają na zmniejszenie populacji gąsienic, a *B. tenebrionis* oraz *B. sandiego* skutecznie eliminują stonkę ziemniaczaną.

EFEKTYWNE MIKROORGANIZMY

Stosunkowo nowym sposobem ograniczania chemizacji rolnictwa prowadzącego do degradacji gleb zdaniem JANAS (2009) jest stosowanie coraz popularniejszego w Polsce i na świecie (Europa Zachodnia, Japonia, USA, Brazylia) preparatu mikrobiologicznego Efektywnych Mikroorganizmów (EM). Twórcą EM jest HIGA (1998), który podaje, że w skład biopreparatu wchodzi bakterie mlekowe (*Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactis*), drożdże (*Candidia utilis*, *Saccharo-*

myces albus), bakterie fotosyntetyzujące (*Rhodospseudomonas palustris*, *Rhodobacter spae*), grzyby pleśniowe (*Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*) oraz promieniowce (*Streptomyces griseus*, *Streptomyces albus*). IWAISHI (2001) oraz BOLIGŁOWA (2005) opisują szerokie spektrum działania EM, do których należy korzystny wpływ na aktywność biologiczną gleby i ograniczenie procesów gnilnych, poprawa przyswajalności związków trudnodostępnych dla roślin, zwiększenie

efektu biosyntezy, poprawa jakości plonów roślin, hamowanie rozwoju patogenów oraz zwiększenie efektu fotosyntezy. Według TOKESHI i współaut. (1998) wprowadzenie EM do gleby powoduje poprawę jej właściwości chemicznych, natomiast KACZMAREK i współaut. (2008) podkreślają, że uzyskanie takiego efektu jest uzależnione od dawki preparatu i rodzaju gleby. Pozytywne efekty stosowania Efektywnych Mikroorganizmów uzyskało wielu naukowców polskich i zagranicznych. BORGÉN i DAVANLOU (2000) oraz MAJCHRZAK i współaut. (2005) wykazali, że użycie ich w uprawie ziemniaka chroni plantację przed *Rhizoctonia solani* oraz *Streptomyces scabies*, a GAJDA i IGRAS (2003) opisali korzystne efekty EM w uprawie rzepaku oraz kukurydzy. XU (2001) zwracał uwagę, że w przypadku upraw kukurydzy Efektywne Mikroorganizmy przyczyniają się do indukcji odporności i procesów fotosyntezy oraz prowadzą do wzrostu plonu. Według SINQUEIRA i współaut. (1993) pozytywne rezultaty można uzyskać także w uprawie roślin ogrodniczych poprzez traktowanie nasion roślin warzywnych EM, co przyczynia się do zwiększenia zdolności kiełkowania nasion pomidora, marchwi, ogórka oraz grochu, a także do przyspieszenia ich wzrostu.

Preparat ten budzi jednak wiele kontrowersji ze względu na szerokie spektrum działania, ponieważ znajduje zastosowanie w uprawie roślin, hodowli zwierząt, a także kompostowaniu odpadów. Badania wykonane przez OKORSKIEGO i MAJCHRZAKA (2008) nie potwierdziły pozytywnych efektów jego działania w zaprawianiu nasion. Podczas prowadzenia badań na grochu uzyskali oni znikomy wpływ EM na różnorodność mikro-

flory nasion oraz na kształt zbiorowiska grzybów pleśniowych. Z eksperymentów MARTYNIUKA i KSIEŻNIAK (2011) nad wpływem EM na plonowanie kukurydzy także wynika, iż zastosowany preparat nie miał wpływu na plon roślin, a jego stosowanie w praktyce rolniczej nie ma racjonalnych podstaw. Do podobnych wniosków doszły SULEWSKA i PTASZYŃSKA (2005) podczas 3-letnich badań dotyczących kukurydzy – żaden z zastosowanych biopreparatów nie wywarł wpływu na podniesienie struktury i jakości plonu. CONDOR i współaut. (2006) zwracali uwagę, że większość badań nad skutecznością EM została przeprowadzona w krajach orientalnych (Pakistan, Tajlandia, Indonezja), a ich wyniki opublikowano w nierecenzowanych materiałach z konferencji sponsorowanych przez producentów i dystrybutorów preparatu. MARTYNIUK i KSIEŻNIAK (2011) podkreślały, że w żadnym z renomowanych czasopism o tematyce gleboznawczej (European Journal of Soil Biology, Agriculture Ecosystems & Environment) nie ma prac potwierdzających wszechstronne stosowanie Efektywnych Mikroorganizmów w praktyce rolniczej. Według TOMALAKA (2010), podczas tworzenia EM nie wykonano żadnych badań naukowych, a zatem nie spełniają one wymogów stawianych rzetelnym preparatom mikrobiologicznym. DUNINGAN (1979) stwierdził, że: „Ich sposób działania jest z reguły okryty całunem tajemniczości oraz brak jest niepodważalnych danych potwierdzających twierdzenia o skuteczności tych preparatów”.

Kontrowersyjne wyniki nie pozwalają więc jednoznacznie określić skuteczność preparatu EM na cechy morfologiczne roślin.

PODSUMOWANIE

Chemizacja rolnictwa oraz niewłaściwe metody uprawy gleby doprowadziły do zmniejszenia ilości substancji odżywczych gleb oraz spadku żyzności, co przyczyniło się do ograniczenia wzrostu i rozwoju roślin. Wprowadzenie do gleby szczepionek mikrobiologicznych może przyczynić się do poprawy warunków zdrowotnych gleb. Pomimo to, że biopreparaty charakteryzują się mniejszą skutecznością i wolniejszym oddziaływaniem na patogeny, w porównaniu ze stosowanymi na szeroką skalę pestycydami,

to jednak poprawiają właściwości próchnicowotwórcze gleby, co skutkuje zwiększeniem plonów roślin, jednocześnie nie doprowadzając do zaburzenia równowagi biologicznej. Do zalet stosowania preparatów mikrobiologicznych należy zaliczyć eliminację procesów gnilnych, uodpornienie roślin na szkodniki oraz zwiększenie dostępności trudnodostępnych przyswajalnych dla roślin pierwiastków. Kontrowersje budzi jedynie preparat EM ze względu na szerokie spektrum działania oraz różnice w uzyskiwanych wynikach badań.

WPLYW PREPARATÓW MIKROBIOLOGICZNYCH NA GLEBĘ ORAZ WZROST I ROZWÓJ ROŚLIN

Streszczenie

Powszechnie stosowane w rolnictwie konwencjonalne metody ochrony roślin przyczyniły się do zakwaszenia gleb oraz zmniejszenia stopnia jej żyzności, czego skutkiem jest degradacja środowiska. Obecnie prowadzone są liczne badania mające na celu ograniczenie chemizacji rolnictwa, poprzez wprowadzenie do obrotu handlowego efektywnych biologicznie preparatów, będących alternatywą konwencjonalnych środków ochrony roślin. Ich celem jest ochrona roślin przed patogenami oraz korzystny wpływ na ich wzrost i rozwój. Biopreparaty znalazły zastosowanie w uprawach ogrodniczych i rolniczych, przyczyniając się do zwiększenia przyswajalności pierwiastków trudnodostępnych dla roślin, a także zapobiegania procesowi gnicia gleby oraz polepszenia jej warunków próchnicotwórczych. Na rynku dostępnych jest wiele preparatów mikrobiologicznych, które mogą być aplikowane dogłębowo, a także dolistnie. Przykładem mogą być te, które zawierają w swoim składzie bakterie wiążące azot atmosferyczny. Symbiotyczne bakterie brodawkowe znajdujące się w składzie preparatów mikrobiologicznych przyczyniają się do asymilacji azotu z powietrza i dostarczają go w formach przyswajalnych dla roślin bobowatych, dla których jest on trudno przyswajalny.

Na rynku dostępne są również preparaty mikoryzowe charakteryzujące się korzystnym wpływem na wzrost i rozwój roślin, a także przyczyniające się do ich ochrony przed patogenami. Kolejnymi są: szczepionki przygotowane na bazie grzyba z rodzaju *Trichoderma* sp., który poprzez produkcję antybiotyków oraz enzymów degradujących ścianę komórkową patogena przyczyniają się do ochrony roślin. Kolejnymi preparatami mikrobiologicznymi, które znalazły zastosowanie w uprawie roślin są Azotobakteryna i Fosfobakteryna. W skład tych szczepionek wchodzi drobnoustroje zaopatrujące glebę w trudno przyswajalne formy fosforu lub azotu. Duże zainteresowanie, szczególnie w rolnictwie ekologicznym, wywołują preparaty entomopatogenne, w skład których wchodzi mikrobiologiczne insektycydy przyczyniające się do ograniczenia liczebności szkodliwych owadów. Kontrowersyjnym preparatem mikrobiologicznym, ze względu na szerokie spektrum działania, jest dostępna na rynku szczepionka EM (Efektywne Mikroorganizmy), w skład której wchodzi odpowiednio wyselekcjonowane szczepy mikroorganizmów, które zdaniem niektórych autorów wywierają pozytywny wpływ na cech morfologiczne roślin oraz właściwości podłoża.

THE INFLUENCE OF MICROBIAL INOCULATES ON MORPHOLOGICAL TRAITS IN PLANTS

Summary

Conventional methods of crop protection, which are commonly applied in agriculture, have contributed to soil acidification and reduced level of soil fertility, and, in consequence, to degradation of the environment. At present, there are carried numerous investigations to limit the use of chemicals in agriculture by introducing into trade biologically effective preparations, as an alternative to the conventional crop protection products. They are supposed to protect plants from pathogens and to positively affect the growth and development of crops. Bio-preparations have been applied in agriculture and horticulture, increasing assimilation of the elements which are not easily accessible to plants, preventing thus the process of soil rotting and improving the conditions of humus production. There is a wide range of microbial preparations on the market. They can be applied into the soil or leaves. One example of such products is a preparation containing bacteria fixing atmospheric nitrogen. Symbiotic rhizobia in microbial preparations contribute to the nitrogen assimilation by Fabaceae plants unable to assimilate

nitrogen in sufficient amount. There are also available mycorrhizal preparations, which exert positive influence on the growth and development of plants and protect them from pathogens. Some microbial preparations contain vaccines prepared from *Trichoderma* sp. molds. They produce antibiotics and enzymes degrading pathogen cell walls and thus, they contribute to plant protection. Azotobacterine and phosphobacterine are other examples of microbial preparations used in plant cultivation containing microorganisms able to provide phosphorus or nitrogen, respectively, to the soil. Entomopathogenic preparations are the subject of great interest, especially in organic farming. These preparations contain microbial insecticides, which limit the population of pest insects. The EM (Effective Microorganisms) inoculate, is a controversial microbial preparation due to its broad spectrum of actions. It contains appropriately selected strains of microorganisms, which have positive influence on morphological traits in plants and on the substrate quality.

LITERATURA

- BALAŻY S., 2006. *Rozpoznawanie i próby oszacowania roli grzybów entomopatogenicznych w drzewostanach*. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo Leśnej 4, 154-165.
- BENÍTEZ T., RINCÓN A. M., LIMÓN M. C., CODÓN A. C., 2004. *Biocontrol mechanisms of Trichoderma strains*. Int. Microbiol. 7, 249-260.
- BOCZEK J., 2008. *Rośliny i mikroorganizmy źródłem insektycydów*. Post. Nauk Roln. 4-5, 1-14.
- BOLIGŁOWA E., 2005. *Ochrona ziemniaka przed chorobami i szkodnikami przy użyciu Efektywnych Mikroorganizmów (EM) z udziałem ziół*. [W:] *Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie*. Z. ZBYTEK (red.). PIMR Poznań, 165-170.
- BORGEN A., DAVANLOU M., 2000. *Biological control of common bunt (Tilletia tritici) in organic agriculture*. J. Crop Produc. 3, 157-171.

- Cheng Q., 2008. *Perspectives in biological nitrogen fixation research*. J. Integr. Pl. Biol. 50, 784-796.
- CONDOR A. F., PEREZ P. G., LOKARE CH., 2006: *Effective microorganisms: myth or reality*. Rev. Peru. Biol. 14, 315-320.
- DUNINGAN E. P., 1979. *Microbial fertilizers, activators and conditioners: a critical review of their value to agriculture*. Dev. Indist. Microbiol. 20, 311-322.
- EBSAM M. M., ABDEL-KAWI K. A., KHALIL M. N. A., 2009. *Efficiency of Trichoderma viride and Bacillus subtilis as biocontrol agents against Fusarium solani on tomato plants*. Egypt. J. Phytopathol. 37, 47-57.
- GAJDA A., IGRAS J., 2003. *Określenie produkcyjnych i ekologicznych skutków stosowania preparatu EM-A w uprawie zbóż i rzepaku*. IUNG, Zakład Żywnienia Roślin i Nawożenia, Puławy.
- GARBAYE J., CHURIN J. L., 1997. *Growth stimulation of young oak plantations inoculated with the ectomycorrhizal fungus Paxillus involutus with special reference to summer drought*. Forest Ecol. Manage. 98, 221-228.
- HARMAN G., 2000. *Myths and dogmas of biocontrol: changes in perceptions derived from research on Trichoderma harzianum T-22*. Plant Dis. 84, 377-393.
- HIGA T., 1998. *Effective microorganisms, concept and recent advances in technology*. Proceedings of the Conference on Effective Microorganisms for a sustainable agriculture and environment. 4th International Conference on Kyusei Nature Farming, Bellingham-Washington USA, 247-248.
- HILSZCZYŃSKA D., 2009. *Wpływ azotu w podłożu na cechy biometryczne oraz zawartości tego pierwiastka w siewkach sosny zwyczajnej z mikoryzą Thelephora terrestris*. Leśne Prace Badawcze 70, 19-25.
- HOWELL C. R., 2003. *Mechanisms employed by Trichoderma species in the biological control of plant diseases: history and evolution of current concepts*. Plant Dis. 87, 4-10.
- IWAISHI S., 2001. *Effect of organic fertilizer and Effective Microorganisms on growth, yield and quality of paddy-rice varieties*. J. Crop Product. 3, 269-273.
- JANAS R., 2009. *Możliwości wykorzystania efektywnych mikroorganizmów w ekologicznych systemach produkcji roślin uprawnych*. Problemy Inżynierii Rolniczej 3, 111-119.
- KACZMAREK Z., JAKUBUS M., GRZELAK M., MRUGALSKA L., 2008. *Impact of the addition of various doses of Effective Microorganisms to arable-humus horizons of mineral soils on their physical and water properties*. J. Res. Appl. Agric. Eng. 53, 118-121.
- Kalitkiewicz A., Kępińska E., 2008. *Wykorzystanie ryzobakterii do stymulacji wzrostu roślin*. Biotechnologia 2, 102-114.
- KAMIŃSKI P. A., BATUT J., BOISTARD P., 1998. *A survey of symbiotic nitrogen fixation by rhizobia*. [W:] *The Rhizobiaceae-Dordrecht*. SPAINK H. P., KONDOROSI A., HOOYKAAS J. (red.). The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 431-460.
- KENNEDY I. R., TCHAN Y.-T., 1992. *Biological nitrogen fixation in onoleguminous field crops: recent advances*. Plant Soil 141, 93-118.
- KSIĘŻNIAK A., 2014. *Mikoryza*. <http://mykoflor.pl/wp/o-firmie/funkcje-i-rodzaje/>.
- KUBIAK J., 2006. *Technologia nawożenia w uprawach kontenerowych krzewów ozdobnych nawozami granulowanymi i dolistnymi z mikoryzą*. Problemy Inżynierii Rolniczej 1, 111-118.
- KUCEY R. M. N., JANZEN H. H., LEGGETT M. E., 1989. *Microbially mediated increases in plant-available phosphorus*. Adv. Agron. 42, 199-228.
- KUREK E., OZIMEK E., 2008. *Zwiększenie dostępności dla roślin fosforu obecnego w glebie metodami biologicznymi*. Postępy Nauk Rolniczych. 2, 85-95.
- LENART A., CHMIEL M. J., 2008. *Wpływ wybranych jonów metali ciężkich na bakterie glebowe z rodzaju Azotobacter asymilujące azot atmosferyczny*. [W:] *Przemiany środowiska naturalnego a rozwój zrównoważony*. KOTARBA M. J. (red.). Wydawnictwo TBPS GEOSFERA, Kraków, 199-205.
- LI J., OVAKIM D. H., CHARLES T. C., GLICK B. R., 2000. *An ACC deaminase minus mutant of Enterobacter cloacae UW4 no longer promotes root elongation*. Curr. Microbiol. 41, 101-105.
- LIBUDZISZ Z., KOWAL K., ŻAKOWSKA Z., 2008. *Mikrobiologia techniczna. Tom II. Mikroorganizmy w biotechnologii, ochronie środowiska i produkcji żywności*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- MAJCHRZAK B., WALERYŚ Z., OKORSKI A., 2005. *Wykorzystanie efektywnych mikroorganizmów (EM) w biologicznej ochronie pszenicy przed chorobami poduszczkowymi*. XLV Sesja Naukowa Instytutu Ochrony Roślin, Poznań, 155-156.
- MALINOWSKI H., 2009. *Entomopatogeniczne grzyby jako insektycydy w ochronie lasu*. Postępy w Ochronie Roślin 49, 865-873.
- MARKOWA G., 2000. *Pathogenicity of several entomogenous fungi to some of the most serious forest insect pests in Europe*. IOBC/WPRS Bull. 23, 231-239.
- MARTYNIUK S., 2010. *Wytwarzanie preparatów mikrobiologicznych na przykładzie bakterii symbiotycznych roślin motylkowatych*. J. Res. Appl. Agric. Engineer. 55, 20-23.
- MARTYNIUK S., KSIĘŻNIAK J., 2011. *Ocena wpływu pseudomikrobiologicznych biopreparatów stosowanych w uprawie roślin*. Polish J. Agron., 27-33.
- MASTOURI F., BJÖRKMAN T., HARMAN G. E., 2010. *Seed treatment with Trichoderma harzianum alleviates biotic and physiological stresses in germinating seeds and seedlings*. Phytopathology 100, 1213-1221.
- MATYSIAK B., 2009. *Zastosowanie szczepionek endomikoryzowych w czasie rozmnażania Ilex x Meservea 'BLUE BOY' przez sadzonki oraz ich wpływ na dalszy wzrost i rozwój roślin*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 539, 499-506.
- NOWAK A., 1998. *Mikrobiologia*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Szczecinie.
- OKORSKI A., MAJCHRZAK B., 2008. *Grzyby zasiedlające nasiona grochu siewnego po zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego EM 1*. Progress in Plant Prot/ Postępy w Ochronie Roślin 48, 1314-1318.
- PATTEN C. L., GLICK B. R., 2002. *Role of Pseudomonas putida Indoleacetic Acid in Development of the Host Plant Root System*. Appl. Environ. Microbiol. 68, 3795-3801.
- PENROSE D. M., GLICK B. R., 2003. *Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria*. Physiol. Plant. 118, 10-15.
- PERRIN R., 1990. *Interaction between mycorrhizae and diseases caused by soil-borne fungi*. Soil Use Manage. 6, 189-195.
- PIEGZA M., STOLAŚ J., KANCELISTA A., WITKOWSKA D., 2009. *Wpływ grzybów z rodzaju Trichoderma na wzrost patogennych grzybów strzępkowych w testach biotycznych na nietypowych źródłach węgla*. Acta Sci. Pol. Biotechnol. 8, 3-14.
- PIETR S. J., 1997. *The mode action of Trichoderma: short summary*. Mat. VIII Conf. of the Section

- for Biological Control of Plant Diseases of the Polish Phytopath. Soc., Skierniewice, 7-14.
- PIĘTA D., 1997. *Niektóre aspekty wykorzystania mikroorganizmów antagonistycznych do zwalczania chorób roślin*. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. EEE, Horticultura 5, 1-8.
- PRUSZYŃSKI S., BARTKOWIAK J., PRUSZYŃSKI G., 2012. *Integrowana ochrona roślin w zarysie*. Centrum doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Poznaniu, 5-8.
- SADOWSKI CZ., PAŃKA D., LENC L., DOMORADZKI M., 2005: *Badania nad możliwością wykorzystania biopreparatów do otoczkowania nasion warzyw ekologicznych*. Postępy Ochrony Roślin 45, 1055-1057.
- SCHLEGEL H. G., 2003: *Mikrobiologia ogólna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- SINQUEIRA M. F. B., SUDRE C. P., ALMEIDA L. H., PEGORERL A. P. R., AKIBA F., 1993. *Influence of Effective Microorganisms on seed germination and plantlet vigor of selected crops*. [W:] *Proceedings of the Third Intern. Conf. on Nature Farming*. PARR J. F., HORNICK S. B., SIMPSON M. E. (red.). Washington, DC, US Department of Agriculture, 22-45.
- SOBOLEWSKI J., GIDLEWSKA A., SZCZECHE M., ROBAK., 2013. *Trichoderma spp. jako zaprawa nasienne przeciwko zgorzelom siewek roślin warzywnych*. Postępy w Ochronie Roślin, 53, 340-344.
- SULEWSKA H., PTASZYŃSKA G., 2005. *Reakcja kukurydzy uprawianej na ziarno na stosowanie preparatów mikrobiologicznych*. Pam. Puł. 140, 271-285.
- TOKESHI H., ALOES M. C., SANCHES A. B., HARADA D. Y., 1998. *Effective Microorganisms for controlling the phytopathogenic fungus Sclerotinia sclerotiorum in lettuce*. *Proceedings of the Conference on Effective Microorganisms for a sustainable agriculture and environment*. 4th International Conference on Kyusei Nature Farming, Bellingham-Washington USA, 131-139.
- TOMALAK M., 2010. *Rynek biologicznych środków ochrony roślin i przepisy legislacyjne*. Postępy w Ochronie Roślin 50, 1053-1063.
- URSIC M., PETERSON R. L., HUSBAND B., 1997. *Relative abundance of mycorrhizal fungi and frequency of root rot on Pinus strobus seedlings in a southern Ontario nursery*. Canadian J. Forest Res. 27, 54-62.
- VANCE C. P., 1998. *Legume symbiotic nitrogen fixation: agronomic aspects*. [W:] *The Rhizobiaceae*. SPAINK H. P., KONDOROSI A., HOOYKAAS P. J. J. (red.). Kluwer Acad. Pub., 509-530.
- XU H.-L., 2001. *Effects of a microbial inoculant and organic fertilizers on the growth, photosynthesis and yield of sweet corn*. J. Crop Prod. 3, 183-214.