

IWONA PAŚMIONKA, KLAUDIA KOTARBA

*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja  
Katedra Mikrobiologii  
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków  
E-mail: i.pasmionka@ur.krakow.pl*

## MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA EFEKTYWNYCH MIKROORGANIZMÓW W OCHRONIE ŚRODOWISKA

### WSTĘP

Na Ziemi występuje wiele zróżnicowanych grup mikroorganizmów. Ogrom procesów, który zachodzi z ich udziałem, nie jest dostrzegalny dla ludzkich oczu. W warunkach naturalnych gleba, powietrze, woda i inne elementy środowiska zawierają określone grupy organizmów. Są wśród nich drobnoustroje patogenne, charakteryzujące się szkodliwym działaniem, jednak większość odgrywa rolę pożyteczną. Od dawna część z nich wykorzystywana jest w przemyśle oraz w gospodarstwach domowych. Przykładem mogą być drożdże, stosowane do produkcji alkoholu (wina, piwa) i wypieku chleba. Inne, znane człowiekowi mikroorganizmy, to bakterie kwasu mlekowego, używane w przetwórstwie mlecznym do wyrobu m.in. serów, a także bakterie kwasu octowego, służące do produkcji octu (MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

Drobnoustroje towarzyszą ludziom od setek lat i znajdują zastosowanie w najróżniejszych dziedzinach, wśród których wymienić należy również medycynę. Antybiotyki wytwarzane przez mikroorganizmy, głównie penicylina, spowodowały przełom w przemyśle farmaceutycznym, który nadal dąży do udoskonolenia, a naukowcy wciąż pracują nad

odkryciem nowych substancji leczniczych. Oprócz mikroorganizmów, stosuje się również enzymy produkowane przez drobnoustroje, m.in. pektynazy, służące do klarowania soków owocowych, czy proteiny, wykorzystywane przy wyprawianiu skór (GAWLIK 2002).

Liczne badania prowadzone nad mikroorganizmami wykazały, że mogą być użyteczne również w ochronie środowiska przyrodniczego. Dominują one m.in. w procesach oczyszczania wody, przetwarzania odpadów organicznych czy redukcji przykrych zapachów. Jakość poszczególnych elementów środowiska jest uzależniona od populacji i rodzaju żyjących w nich mikroorganizmów. Część pożytecznych drobnoustrojów została wyodrębniona z ich naturalnego siedliska, a następnie poddana szczegółowym badaniom. Powstała mieszanekę mikrobów nazwano Efektywnymi Mikroorganizmami (EM) i oceniono, że procesy prowadzone przez poszczególne gatunki mają pozytywny wpływ na środowisko (HIGA i PARR 1994; OKUDA i HIGA 1999; CHEN i współaut. 2003; STIELOW 2003; MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a, b).

### ROZWÓJ TECHNOLOGII EFEKTYWNYCH MIKROORGANIZMÓW

Początki technologii Efektywnych Mikroorganizmów sięgają drugiej połowy XX w. W uproszczonej formie pojawiła się po raz pierwszy w 1968 r. i miała na celu poprawę

jakości zbiorów. Równocześnie prowadzone były intensywne badania nad właściwościami mikroorganizmów i możliwością ich wykorzystania w różnych dziedzinach życia

człowieka. Eksperymenty przeprowadzono głównie na Wschodzie, przede wszystkim w Japonii, jednak przez kilka lat nie przynosiły oczekiwanych rezultatów. Przełom nastąpił w 1980 r., kiedy to EM rozpoczęto wykorzystywać na większą skalę. Dwa lata później opracowano właściwy preparat, posiadający określoną formułę i konkretne cele użytkowe. Była to mieszanka szczepów mikroorganizmów, potrafiących wspólnie egzystować i korzystnie oddziaływać, między innymi na właściwości gleby i rozwój roślin. Odkrycia tego dokonał japoński biolog, profesor ogrodnictwa Teruo Higa z Akademii Rolniczej Uniwersytetu Ryukyus na Okinawie, nazywając stworzoną mieszankę Efektywnymi Mikroorganizmami. Pasją do rolnictwa, wieloletnie doświadczenie naukowe oraz pełen entuzjazm profesora były motywacją do prowadzenia ciągłych badań. Dodatkowo, życie w przekonaniu, iż rolnictwo opiera się na chemii w zbyt dużym stopniu, co wpływa negatywnie na stan gleb oraz środowiska przyrodniczego, pozwoliło na odkrywanie nowych sposobów ochrony i nawożenia roślin. Opracowana technologia EM miała na celu

zastąpienie szkodliwych środków chemicznych używanych w rolnictwie, naturalnymi organizmami i procesami występującymi w przyrodzie (HIGA i PARR 1994, HIGA 2003a, ZAWADZKI 2007, SCHICHT 2008, MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

Odkrycie technologii Efektywnych Mikroorganizmów przyniosło profesorowi światową sławę. Obecnie jest on zaangażowany w działalność wielu organizacji, zajmuje stanowisko międzynarodowego konsultanta w zakresie opracowanej technologii EM. W 1994 r. powołał organizację badawczą EM Research Organization (EMRO), której celem jest rozpowszechnianie filozofii oraz technologii EM na skalę globalną. Teruo Higa jest także przewodniczącym Międzynarodowego Ośrodka Badawczego Rolnictwa Naturalnego, Stowarzyszenia Rolnictwa Naturalnego Azji i Pacyfiku, a także doradcą Towarzystwa na rzecz Oczyszczania Zasobów Wodnych w Japonii. Jest autorem wielu publikacji opisujących historię odkrycia Efektywnych Mikroorganizmów oraz możliwości ich wykorzystania w różnych dziedzinach życia (HIGA i PARR 1994, HIGA 2003a, ZAWADZKI 2007).

#### ROZPOWSZECHNIENIE TECHNOLOGII EM

Sporządzenie przez profesora Higa w 1980 r. mieszanki kilkudziesięciu szczepów współżyjących ze sobą mikroorganizmów, zapoczątkowało wiele zmian zachodzących w poszczególnych dziedzinach nauki i stało się motywacją do prowadzenia dalszych badań. Z każdym kolejnym eksperymentem, Higa poznawał nowe możliwości, różnorodne i uniwersalne zastosowanie najmniejszych organizmów występujących na Ziemi. W miarę upływu czasu zaczęła wzrastać ich popularność i chęć stosowania, co spowodowane było rozwojem rolnictwa ekologicznego i ochrony środowiska. Już w dwa lata po opracowaniu EM, zaczęto mieszankę stopniowo wdrażać i wykorzystywać w praktyce, przede wszystkim w rolnictwie i ogrodnictwie. Pierwotnie posługiwano się nią wyłącznie do ekologicznego sposobu nawożenia roślin i obserwowano ich wpływ na rozwój prowadzonych upraw, jednak wraz z poszerzaniem się wiedzy na temat EM, poszerzał się również zakres ich stosowania. Zaczęto stopniowo wykorzystywać mieszankę w coraz to nowszych dziedzinach. Zauważono, że możliwe jest korzystanie z jej właściwości nie tylko w rolnictwie, ale także w medycy-

nie, ochronie środowiska, przemyśle i innych działach gospodarki (HIGA 2003a, LE CREN 2005, ZAWADZKI 2007, MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

Technologia Efektywnych Mikroorganizmów, ze względu na jej pochodzenie, była rozpowszechniana głównie w krajach azjatyckich, przede wszystkim w Japonii. Pierwszymi korzyściami wynikającymi z jej stosowania był znaczny wzrost plonów ryżu uprawianego na tamtejszych plantacjach. Następnym, zauważalnym rezultatem była poprawa jakości gleby, polegająca głównie na zwiększeniu grubości warstwy próchnicznej. Po sukcesie, jaki mieszanka odniosła w Azji, zaczęto ją stopniowo rozpowszechniać na innych kontynentach. W kolejnych latach trafiła do Ameryki Południowej, przede wszystkim do Brazylii. W niedługim czasie EM dotarły do Stanów Zjednoczonych oraz Kanady, gdzie stosowano je nie tylko w rolnictwie, ale też wykorzystywano ich możliwości w ochronie środowiska. W następnej kolejności pojawiły się w Europie, głównie w Danii, Holandii, Francji, Hiszpanii, Portugalii, Niemczech, Szwajcarii oraz Austrii (HIGA i PARR 1994,

HIGA 2003a, ZAWADZKI 2007, AL-TAWEL i współaut. 2009).

W latach 1989-2001 odbywały się liczne konferencje naukowe, tematem których była technologia EM. Były one przeprowadzane na skalę globalną, a uczestnicy mieli możliwość ujrzenia skutków stosowania technologii poprzez zwiedzanie miejsc, w których była ona wykorzystywana. Ważną rolę w popularyzacji EM odgrywały liczne prace naukowe, sympozja oraz książki publikowane przez profesora Higa i jego współpracowników. W 1994 r. w Singapurze odbyła się Konferencja Technolo-

gii XXI wieku Państw Wspólnoty Brytyjskiej, podczas której zaprezentowano EM; w konsekwencji Technologię EM wprowadzono jako przedmiot na Uniwersytecie EARTH w Kostaryce. Znacząca była również sesja poświęcona Efektywnym Mikroorganizmom w czasie Światowego Forum dotyczącego Ochrony Zasobów Wodnych w Japonii w 2003 r. Przedstawiono wówczas możliwości oczyszczania wody, które w sposób bezpośredni pozytywnie wpływają na rozwój różnorodnych form życia oraz poprawiają sytuację zdrowotną ludzi (HIGA 2003a).

#### WSPÓLczesNE ZNACZENIE EFEKTYWNYCH MIKROORGANIZMÓW

Od czasu skomponowania mieszanki Efektywnych Mikroorganizmów i pierwszych praktycznych prób ich stosowania, znaczenie EM w różnych dziedzinach gospodarki szybko wzrastało. Są one wykorzystywane na wiele sposobów w rolnictwie, ogrodnictwie, hodowli zwierząt, medycynie, przemyśle, budownictwie, przetwórstwie spożywczym oraz w ochronie środowiska. Pomimo ogromnego postępu technologicznego, wciąż istnieje przekonanie o znacznie większych, nieodkrytych możliwościach tych organizmów. W dalszym ciągu prowadzone są badania mające na celu poznanie ich nowych cech i właściwości (HIGA 2003b).

Obecnie technologię EM wykorzystuje ponad 120 państw na większości kontynentów, a największym użytkownikiem EM na świecie jest Brazylia, gdzie Efektywne Mikroorganizmy zostały uznane za odpowiedni sposób zastąpienia niszczycielskich metod gospodarowania metodami naturalnymi. Brazylijczycy, świadomi skutków nieodpowiedniego postępowania z terenami leśnymi, postanowili ograniczyć wypalanie oraz wycinanie drzew amazońskiej dżungli w celu powiększania terenów rolniczych. Za pomocą technologii EM będą w stanie zwiększyć ilość oraz jakość plonów z istniejących gospodarstw, bez negatywnego wpływu na środowisko (MAJEWSKI 2010).

Na terenie Japonii popularnością cieszy się program, którego celem jest kompleksowa ochrona środowiska z wykorzystaniem Efektywnych Mikroorganizmów. Miasta bio-

rające w nim udział, stosują technologię w przydomowych kompostowniach, w gospodarstwach domowych, miejskich ujęciach wody, składowiskach odpadów oraz oczyszczalniach ścieków. Powstały projekty, celem których jest oczyszczanie rzek, zatok oraz mórz. Dodatkowo, przyjęto narodowy program rewitalizacji Seto, największego morza wewnętrznego. Bezpośrednim skutkiem zastosowania EM w rolnictwie japońskim jest niewątpliwie zwiększenie plonów ryżu na plantacjach oraz zmniejszenie populacji chwastów w uprawach (HIGA i PARR 1994, AL-TAWEL i współaut. 2009, MAJEWSKI 2010).

W Polsce technologia ta staje się coraz bardziej powszechna. Dzięki kontaktom z Niemcami, Japonią i Holandią od 2000 r. jest stosowana na większą skalę w kilku miejscach w kraju, a także na poziomie indywidualnych gospodarstw, w tym ekologicznych. Znalazła zastosowanie również u działkowców i hodowców zwierząt (HIGA 2003b, MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

EM uzyskały już wszystkie niezbędne certyfikaty, a od kilku lat są przedmiotem badań Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów wykorzystuje je także w Miejskiej Oczyszczalni Ścieków do likwidacji uciążliwego odoru oraz w procesie higienizacji osadów. Również w 2000 r. w Puławach powstała firma GREENLAND Technologia EM, będąca oficjalnym przedstawicielem Fundacji EMRO oraz wyłącznym dystrybutorem Technologii EM na terenie kraju (HIGA 2003a, ZAWADZKI 2007).

## CO TO SĄ EFEKTYWNE MIKROORGANIZMY?

Do czasu odkrycia profesora Higa sądzono, że pewne skrajnie różne grupy organizmów nie są w stanie ze sobą koegzystować. Jednak skomponowanie EM w 1980 r. udowodniło, że jest to realne. Skład gatunkowy drobnoustrojów obecnych w preparatach nie jest do końca znany. Najczęściej przyjmuje się, że Efektywne Mikroorganizmy są mieszanką blisko 80 gatunków drobnoustrojów, zarówno tlenowych, jak i beztlenowych, przeciwdziałających utlenianiu i odpowiedzialnych za stymulację procesów regeneracji. Reprezentowane są przez pięć grup fizjologicznych. Mikroorganizmy te mają zdolność odtwarzania i wspomagania rozmaitych ekosystemów, a poprzez pozytywne oddziaływanie przyczyniają się do ich ochrony. Wykorzystywanie kilku wariantów preparatów stworzonych przez profesora Higa nazwano Technologią Efektywnych Mikroorganizmów (ZAWADZKI 2007, WIELGOSZ i współaut. 2010, MARTYNIUK 2011, MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

W skład preparatów EM wchodzi grupy organizmów o różnicowanych funkcjach, między którymi zachodzi ciągła wymiana pożywienia, sprzyjająca ich symbiozie. Dodatkowo, preparat zawiera pożywkę opartą na bazie cukru (melasa trzcinowa), która zapewnia niską wartość pH. Wszystkie drobnoustroje wykorzystane w mieszance występują naturalnie w przyrodzie; część gatunków

wyodrębniono ze zdrowej gleby, natomiast część została pozyskana ze zwaczy krów. Nie ma wśród nich organizmów genetycznie modyfikowanych, a ich namnażanie i hodowlę przeprowadza się w odpowiednio kontrolowanych warunkach. Najważniejsze grupy tworzące mieszankę to: bakterie kwasu mlekowego, bakterie fotosyntetyzujące, specyficzna grupa bakterii zwana promieniowcami, grzyby oraz drożdże. Wiele z wymienionych organizmów jest wykorzystywanych od wieków w medycynie i w przemyśle spożywczym do produkcji artykułów takich jak chleb, jogurt czy alkohol (MARTYNIUK 2011, MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

Preparaty EM to głównie płynne zawiesiny o żółtobrunatnym zabarwieniu i stosunkowo kwaśnym odczynie (pH ok. 3,5). Charakteryzują się słodko-kwaśnym smakiem i zapachem zakwasu chlebowego. Jest to wyjątkowo skuteczna mieszanka, całkowicie bezpieczna dla zdrowia i życia ludzi oraz zwierząt (VAN VLIET i współaut. 2006, MARTYNIUK 2011).

Wszystkie drobnoustroje wchodzące w skład mieszanki zostały wszechstronnie przetestowane. Zostały również zaliczone przez Departament Rolnictwa USA do kategorii GRAS (uznawane za bezpieczne). Dodatkowo Instytut Żywności i Leków USA przyjął, że większość z nich można bezpiecznie spożywać (MAJEWSKI 2010).

## MIKROORGANIZMY WCHODZĄCE W SKŁAD EM

W skład EM wchodzi regeneratywne drobnoustroje tlenowe i beztlenowe. Jest to mieszanka drobnoustrojów zupełnie różnych pod względem funkcjonalnym, ale zdolnych do koegzystencji. Można wśród nich wyodrębnić 5 najważniejszych grup fizjologicznych, o charakterystycznych właściwościach i możliwościach, zaliczanych do królestwa Procaryota i Eucaryota (MAU 2007, MAŁUSZYŃSKA i współaut. 2011).

Bakterie fotosyntetyzujące (m.in. *Rhodobacter sp*, *Rhodopseudomonas palustris*) są organizmami samożywnymi, zarówno tlenowymi, jak i beztlenowymi. Potrafią także wytworzyć pożyteczne produkty z materiału organicznego, szkodliwych gazów i wydzielin korzeni. Jako źródło energii wykorzystu-

ją temperaturę, dwutlenek węgla zawarty w atmosferze, światło słoneczne oraz ciepło gleby. Produkują substancje zawierające bioaktywne związki, aminokwasy i kwasy nukleinowe. Potrafią również syntetyzować glukozę, która wzmacnia działanie promieniowców. Bakterie fotosyntetyzujące wykorzystują dodatkowo substancje produkowane przez inne drobnoustroje, równocześnie wspierając aktywność innych mikroorganizmów (MAU 2007, MAŁUSZYŃSKA i współaut. 2011, MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

Bakterie kwasu mlekowego (m.in. *Streptococcus lactis*, *Lactobacillus casei*) produkują kwas mlekowy z węglowodanów wytwarzanych przez drożdże i bakterie fotosyntetyzujące. Ma on silne działanie sterylizujące, ha-

muje rozwój szkodliwych mikroorganizmów, m.in. grzybów z rodzaju *Fusarium*, które powodują poważne choroby w uprawach ciągłych. Bakterie mlekowe przyspieszają rozkład materiału organicznego, produkują reuterinę, substancję ograniczającą rozwój drobnoustrojów w środowisku oraz zapewniają roślinom większą ilość składników pokarmowych w łatwo przyswajalnej formie (MAU 2007, MAŁUSZYŃSKA i współaut. 2011, MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

Grzyby pod względem systematycznym należą do królestwa Eucaryota. Przedstawiciele tej zróżnicowanej grupy organizmów nie są zdolni do produkcji pokarmu, dlatego odżywiają się martwą materią organiczną lub pasożytują na innych drobnoustrojach. Rozmnażają się bezpłciowo poprzez pączkowanie, podział, wytwarzanie zarodników i płciowo; charakterystycznie dla różnych podgrup grzybów. Działanie grzybów może być zarówno korzystne, np. przyspieszanie procesów gnilnych i powtórne włączenie ważnych pierwiastków do obiegu materii, jak i negatywne, które objawia się m.in. niszczeniem plonów. W preparatach EM wykorzystane zostały grzyby fermentujące m.in. *Penicillium* sp. i *Aspergillus* sp., które wraz z bakteriami kwasu mlekowego przyczyniają się do szybszego rozkładu materiału organicznego (MAU 2007, MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

Drożdże to organizmy jednokomórkowe, o owalnym kształcie. Pomimo iż zostały zaliczone do grzybów, wytwarzają jedynie pseudogrzybnię, różniącą się od grzybni

prawdziwej połączeniami komórek. Są one bowiem nietrwałe i łatwo ulegają rozpadowi. Zależnie od sposobu rozmnażania, drożdże zaliczane są do grzybów niedoskonałych lub workowców. Gatunki należące do pierwszej grupy rozmnażają się jedynie przez pączkowanie (wegetatywnie), natomiast pozostałe przez zarodniki workowe (generatywnie) lub również przez pączkowanie. Drożdże wchodzące w skład EM (m.in. *Saccharomyces albus*, *Candida utilis*) produkują pożyteczne i antybiotyczne substancje z cukrów i aminokwasów wydzielanych m.in. przez bakterie fotosyntetyzujące. Dodatkowo, produkują enzymy i hormony, które są zdolne do aktywacji podziału komórek. Wydzieliny drożdży to pożyteczne substraty dla promieniowców i bakterii kwasu (MAU 2007, MAŁUSZYŃSKA i współaut. 2011, MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

Promieniowce, Gram-dodatnie bakterie (m.in. *Streptomyces griseus*, *Streptomyces albus*), które potrzebne do rozwoju substancje produkują z materii organicznej oraz aminokwasów, które wydzielają bakterie fotosyntetyzujące. Substancje te charakteryzują się antybiotycznym działaniem i hamują rozwój szkodliwych grzybów oraz bakterii. Obecność promieniowców znacznie przyspiesza wiązanie azotu przez *Azotobacter* sp. Występują w brodawkach korzeniowych roślin potrafiących magazynować azot, takich jak groch i koniczyna (ARSHAD 2006, MAU 2007, MAŁUSZYŃSKA i współaut. 2011, MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

#### ZASADA DZIAŁANIA EM

Zasada działania Efektywnych Mikroorganizmów jest oparta jedynie na procesach naturalnych zachodzących w przyrodzie. Drobnoustroje znajdujące się w mieszance to głównie beztlenowce, uwalniające wolny tlen w procesach metabolizmu. Potrafią przetrwać i rozwijać się w różnorodnych ekosystemach, m.in. w glebie, w wodzie, ale także na składowiskach odpadów, w zbiornikach z gnojowicą, w ściółkach w pomieszczeniach dla zwierząt oraz w osadach pościekowych w oczyszczalniach ścieków. EM, jako kompleks, wyposażony jest w znaczną liczbę enzymów, umożliwiającą rozkład materii organicznej. Dodatkowo, współdziałające ze sobą grupy produkują substancje, które uniemożliwiają przetrwanie w środowisku patogenów

grzybowych (HIGA i PARR 1994, KOLASA-WIECIEK 2010).

Po wprowadzeniu ich do konkretnego środowiska, drobnoustroje bardzo szybko się namnażają. Powodem jest produkcja przez jedne grupy organizmów związków, które są niezbędne do życia innym grupom. Następuje ciągła wymiana źródłami pożywienia; drobnoustroje korzystają z produktów odpadu drobnoustrojów innego rodzaju. Po otrzymaniu składników odżywczych, Efektywne Mikroorganizmy rozpoczynają wydzielanie pożytecznych substancji, m.in. kwasów organicznych, witamin oraz antyutleniaczy. Potrafią zmieniać mikroflorę gleby, która hamuje procesy chorobotwórcze (HIGA 2003b, MAU 2007).

Z badań przeprowadzanych przez profesora Higa wynika, że organizmy różniące się znacząco między sobą, ale wykazujące tę samą dynamiczną tendencję, działają regeneratywnie i mają większe zdolności do symbiotycznej koegzystencji. Jako przykład mogą posłużyć bakterie fotosyntetyzujące i *Azotobacter* sp. obecne w EM. Obie grupy bakterii magazynują azot, lecz bakterie fotosyntetyzujące są beztlenowe, natomiast *Azotobacter* sp. potrzebuje tlenu do życia. Drobnoustroje te mogą żyć razem, ponieważ następuje między nimi korzystna wymiana pożywienia. *Azotobacter* sp. czerpie składniki pokarmowe z materii organicznej i żyje w warunkach tlenowych, a metabolity wtórne, które

produkuje, są wykorzystywane przez bakterie fotosyntetyzujące jako doskonałe źródło pożywienia. Te z kolei wydalają substancje organiczne, będące pożywieniem dla *Azotobacter* sp., którego rozmnażanie powoduje zmniejszenie ilości tlenu, co jest korzystne dla beztlenowców (MAU 2007).

Model biochemicznego mechanizmu działania preparatu EM jest wciąż opracowywany. Należy podkreślić, że działanie mieszanki jest skuteczne, chociaż nie jest ona całkowicie akceptowana przez wszystkich naukowców. Pomimo tego, popyt na preparat stale wzrasta, co potwierdza pozytywny wpływ drobnoustrojów na stan środowisk, w których są one wykorzystywane (HIGA 2003b).

## MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA EM

### WYKORZYSTANIE W ROLNICTWIE

Obecnie rolnictwo konwencjonalne charakteryzuje się dużym zużyciem chemicznych środków ochrony roślin, nawozów sztucznych i sztucznym nawadnianiem pól. Metody te oddziałują niekorzystnie na środowisko, stosowane preparaty są trudno biodegradowalne. Wieloletnia uprawa gleby przyczyniła się do zachwiania równowagi mikrobiologicznej, skutkiem czego traci ona zdolność do regeneracji. Intensywna produkcja rolnicza spowodowała globalne zakwaszenie gleb większości pól uprawnych (blisko 70%). Wykorzystanie technologii EM może być dobrym rozwiązaniem dla rolnictwa, w tym rolnictwa ekologicznego (HIGA i PARR 1994, HIGA 2003b, ARSHAD 2006, KOLASA-WIĘCEK 2010).

Najważniejszym czynnikiem wpływającym na żyzność gleby jest zawartość próchnicy. Stosowanie preparatów zawierających EM przyczynia się do redukcji strat materii organicznej oraz poprawy żyzności gleb. Zastępują one szkodliwe, chemiczne środki ochrony roślin oraz nawozy sztuczne, dodatkowo wpływają na wzrost i jakość plonów. Wśród korzyści wynikających ze stosowania EM są także: (i) ograniczenie degradacji gleby, głównie poprzez wiązanie metali ciężkich oraz rozkład pestycydów, (ii) spulchnianie gleby, (iii) wpływ na tworzenie próchnicy, (iv) wzrost pojemności powietrznej i wodnej gleby, (v) wspomaganie fotosyntezy oraz (vi) przyspieszenie procesu mineralizacji materii organicznej do związków niezbędnych roślinom (KOLASA-WIĘCEK 2010).

Poprawne stosowanie EM skutkuje odzyskaniem stabilnego stanu gleby i uprawianych roślin. Możliwe jest uzyskanie plonów lepszej jakości niż na terenach, gdzie używane są konwencjonalne metody ochrony i nawożenia (HIGA i PARR 1994, HIGA 2003a).

Preparaty EM zostały dopuszczone do stosowania w rolnictwie ekologicznym na skalę globalną. Sposoby ich aplikacji są różnorodne, poprzez oprysk gleby w czasie orki, bronowania, podorywki oraz bezpośrednio opryskiwanie roślin w okresie wegetacji. Zaleca się także stosowanie 10% roztworu EM do zaprawy nasion. Pozwala to ograniczyć występowanie grzybów patogennych, m.in. z rodzaju *Septoria* spp., *Fusarium* spp., *Botrytis* spp., *Alternaria* spp. (BOLIGŁOWA i GLEŃ 2008, JANAS 2009).

Uprawa sadownicza wymaga stosowania wyjątkowo dużej ilości środków ochrony roślin. W większości są to preparaty chemiczne, wpływające niekorzystnie na jakość owoców. Wykorzystanie technologii EM pozwala na uzyskiwanie zbiorów lepszych jakościowo i bezpiecznych dla zdrowia. Dodatkowo efektywne Mikroorganizmy obniżają zawartość metali ciężkich w uprawianych owocach, wpływają również na wydłużenie okresu przechowywania zbiorów, ponieważ podczas sezonu wegetacyjnego pobudzana jest naturalna odporność roślin, w tym odporność na mechaniczne uszkodzenia (ZYDLIK i ZYDLIK 2008, MRUGALSKA 2009).

Mieszanki Efektywnych Mikroorganizmów stosowane są również w hodowli zwierząt, m.in. do pojenia, jako dodatkowy składnik paszy, do fermentacji gnojowicy i

obornika oraz do higienizacji pomieszczeń inwentarskich. Najwyższą skuteczność EM można uzyskać przez połączenie wszystkich sposobów wykorzystywania. W rezultacie można poprawić ekonomikę hodowli i chowu bydła (BARANOWSKI 2004, KOSAKOWSKI i współaut. 2013).

Korzyści płynące ze stosowania preparatów w hodowli to: (i) poprawa stanu zdrowia bydła, (ii) ograniczenie populacji owadów, (iii) likwidacja odorów i zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach inwentarskich, (iv) poprawa warunków środowiska w sąsiedztwie ferm oraz (v) ograniczone stosowanie preparatów chemicznych (GACKA i KOLBUSZ 2009).

#### WYKORZYSTANIE W OCHRONIE ŚRODOWISKA

Walka z globalnym zanieczyszczeniem środowiska oraz próby odtworzenia zdrowej przyrody jest obecnie jednym z najważniejszych problemów społeczeństwa. Powietrze, gleby i wody zatrutowane są między innymi przez działalność człowieka, której skutkiem są emisje do środowiska szkodliwych związków: tlenków węgla, azotu, siarki oraz duże ilości pyłów i popiołów. Dodatkowo, źródłem skażenia mogą być niepożądane mikroorganizmy. Rozwój gospodarki oraz przyrost ludności powoduje zużywanie dużej ilości środków dezynfekujących, co sprzyja rozmnażaniu szkodliwych drobnoustrojów, tolerujących utlenione środowisko. Mikroorganizmy te wywołują różnego rodzaju choroby, sprzyjają żerowaniu szkodników roślin, korozji metali oraz przedwczesnemu starzeniu się budynków. W połączeniu z innymi substancjami zwiększają zanieczyszczenie środowiska oraz zagrożenie związane z metalami ciężkimi w glebie. Przy pomocy Efektywnych Mikroorganizmów można ograniczyć rozprzestrzenianie się szkodliwych drobnoustrojów. Istnieje szereg możliwości ich stosowania; można je wykorzystać przede wszystkim do oczyszczania wody i ścieków, utylizacji odpadów oraz likwidacji nieprzyjemnych zapachów (CHEN i współaut. 2003, MRUGALSKA 2008, MRUGALSKA 2009).

Obecnie coraz częściej można się spotkać z nieodpowiednią gospodarką komunalną i rolną, co stanowi źródło zanieczyszczenia pobliskich zbiorników wodnych. Głównym problemem są pozostałości po nawozach, zawierające znaczne ilości azotu i fosforu, które spływając m.in. z pól uprawnych, przedostają się do stawów i jezior, powodując przyspieszenie procesu eutrofizacji. Skutkuje to zmia-

nami w zapachu i przejrzystości wód, które stają się podatne na rozwój roślinności wodnej i powstawanie procesów gnilnych. Zbiorniki wodne zdolne są do samooczyszczania, jednak tylko w pewnych granicach. Zastosowanie preparatów EM pozwala przywrócić równowagę biologiczną wód stojących, które charakteryzują się zbyt dużą trofią. Pożyteczne drobnoustroje potrafią w krótkim czasie zdominować zanieczyszczone środowisko, przywrócić przyjemny zapach i czystą wodę. Jest to możliwe, ponieważ zmienia się przebieg rozkładu substancji organicznych, czego efektem jest m.in. przyspieszona mineralizacja zawiesiny organicznej, ograniczenie zakwitów sinic i glonów oraz szybszy rozkład obumarłych ryb i roślin. Dodatkowo, zauważalna jest poprawa kondycji i walorów smakowych ryb hodowanych w stawach. Preparaty EM stosuje się od wiosny do jesieni, jednak najlepszy efekt można osiągnąć przy pierwszej wiosennej aplikacji. W okresie tym, w zbiorniku wzmożona jest cyrkulacja wody, powodująca mieszanie aplikowanych preparatów. Pierwszym, zauważalnym skutkiem obecności Efektywnych Mikroorganizmów jest poprawa przejrzystości wody oraz jej ograniczony zakwit. W późniejszym etapie stopniowo zanika nieprzyjemny zapach, następuje zmniejszenie zamulenia zbiornika oraz zmniejsza się ilość drobnoustrojów chorobotwórczych (JIN i współaut. 2005, MRUGALSKA i ŚWIERK 2012b).

Rzeki można oczyszczać przy pomocy EM tą samą drogą, którą zostały skażone. W ostatnich latach w Japonii powstały duże projekty oczyszczania całych zatok i mórz wewnętrznych. Jeden z projektów został zainicjowany przypadkowo: ścieki produkowane przez gospodarstwo rolne wykorzystujące technologię EM, wpływały do znajdującej się nieopodal zatoki Mikawa. Populacja ryb w zatoce była uboga, z powodu inwazji alg czerwonych, która nastąpiła kilka lat wcześniej. Po przedostaniu się do wody ścieków zawierających Efektywne Mikroorganizmy stwierdzono odtworzenie się zasobów w zatoce. Odkrycie to dało początek tworzeniu organizacji, mających na celu dalsze oczyszczanie tego obszaru. Analizując przykład z Japonii można stwierdzić, że każde gospodarstwo ma szansę przyczynić się w niewielkim nawet stopniu do poprawy jakości wód. Preparaty EM powinny również stosować fabryki oraz zakłady rzemieślnicze, których ścieki docierają do kanałów i rzek. W praktyce jest to trudne do realizacji, dlatego

EM wprowadza się bezpośrednio do rzek. Drobnoustroje zasiedlają z czasem osady koryta rzeki, oczyszczając wodę. W Japonii za pomocą roztworów EM oczyszczane są także baseny, plaże i zbiorniki, w których prowadzone są hodowle wodorostów (OKUDA i HIGA 1999, HIGA 2003b).

Coraz bardziej wzrastają wymagania dotyczące efektywności oczyszczania ścieków. Nieustannie poszukuje się nowych możliwości bezodpadowych metod unieszkodliwiania ścieków oraz osadów ściekowych, które charakteryzować będzie wysoki stopień usuwania zanieczyszczeń. Równocześnie, na terenie gospodarstw powstają przydomowe oczyszczalnie ścieków, co świadczy o wzroście świadomości ekologicznej społeczeństwa. Aby usprawnić procesy oczyszczania, Efektywne Mikroorganizmy stosuje się zarówno w małych, przydomowych instalacjach, jak i w dużych oczyszczalniach (SZYMAŃSKI i PATTERSON 2003, JIN i współaut. 2005, JÓZWIAKOWSKI 2008).

W latach 2006–2007 przeprowadzono badania nad wpływem preparatu EM-Farming™ na optymalizację efektów eliminowania zanieczyszczeń w osadnikach wstępnych w małych, przydomowych oczyszczalni ścieków. Wykorzystano do tego obiekty zlokalizowane w miejscowościach Dąbrowica i Jastków. Próbkę surowych ścieków i ścieków odpływających z osadników wstępnych były pobierane do analiz przed i po zastosowaniu preparatu. Wyniki badań i obserwacje terenowe wykazały, że zastosowanie Efektywnych Mikroorganizmów uaktywniło procesy usuwania zanieczyszczeń (JÓZWIAKOWSKI 2008). W badanych obiektach, pierwszym zauważalnym efektem po zastosowaniu EM było zmniejszenie uciążliwości zapachowej. Efektywne Mikroorganizmy zdecydowanie przyczyniły się do usuwania zanieczyszczeń w osadnikach wstępnych przydomowych oczyszczalni. Nastąpiło także udrożnienie kanalizacji, do których wlewany był preparat, a także rozkład tłuszczów i kożucha w osadniku wstępnym (JÓZWIAKOWSKI 2008).

EM można wykorzystywać również w większych obiektach, między innymi w miejskich oczyszczalniach ścieków. Preparaty dotarły również do Kenii, gdzie stosowane są w tamtejszych slumsach. Stwierdzono tam poprawę warunków sanitarnych, a obecnie przerabiane ścieki i odpadki organiczne są źródłem naturalnego nawozu (OKUDA i HIGA 1999, HIGA 2003b).

Zwiększająca się ilość odpadów jest również poważnym problemem ekologicznym. Efektywne Mikroorganizmy mogą się przyczynić do zredukowania ilości odpadów, ponieważ źródłem ich pożywienia jest materia organiczna. Eliminują one organiczne zanieczyszczenia wytwarzając antyutleniacze. Metale znajdujące się na składowiskach odyskują cząsteczkową strukturę, a więc przestają być szkodliwe dla środowiska oraz ludzi.

Walkę z wciąż rosnącą ilością odpadów można rozpocząć już na poziomie gospodarstw domowych. Dobrą metodą jest zbieranie i spryskiwanie preparatami EM organicznych odpadków, co redukuje nieprzyjemny zapach oraz czyni odpadki bardziej higienicznymi. Powstający płyn jest dobrym sposobem na oczyszczanie odpływów oraz nawożenie roślin doniczkowych (MAU 2007).

Na obrzeżach Bangkoku funkcjonują dwa składowiska odpadów często odwiedzane przez europejskich turystów. Dzięki zastosowaniu EM, nawet pomimo wysokiej temperatury, nie są odczuwalne nieprzyjemne zapachy. Preparaty dowożone są tam w dużych cysternach, a następnie wylewane na odpady, których ilość systematycznie się zmniejsza, nie powodując zanieczyszczeń wód gruntowych (CHEN i współaut. 2003, MAU 2007).

Gospodarstwa domowe nie powinny pozbywać się odpadków organicznych we własnym zakresie przez ich spalanie, ponieważ zawarta w nich sól i woda przyczyniają się do powstawania szkodliwych dioksyn. Dodatkowo, dioksyny powstają podczas przetwarzania chlorowanych związków aromatycznych oraz w trakcie produkcji pewnych środków dezynfekujących i chwastobójczych. Związki te są kancerogenne, uszkadzają m.in. układ rozrodczy, system immunologiczny i wątrobę. Potrafią kumulować się w organizmie, są trudno rozpuszczalne, a ich usuwanie z organizmu trwa nawet do 20 lat. Przed kilkoma laty w Japonii podjęto próby usunięcia dioksyn powstających w trakcie spalania odpadów. Wykorzystano w tym celu preparaty EM. Rozwiązanie okazało się skuteczne, gdyż antyutleniacze i inne związki zawarte w preparatach umożliwiają spalanie w niższych temperaturach oraz redukują dioksyny w blisko 90% (HIGA 2003a).

Na Okinawie technologię Efektywnych Mikroorganizmów wykorzystuje się w 2 spalarniach śmieci. W miejscach tych stwierdzono spadek poziomu emisji szkodliwych substancji oraz redukcję dioksyn, a pozosta-



łości po spalaniu poddawane są recyklingowi (HIGA 2003b).

Efektywne Mikroorganizmy są w stanie rozłożyć i unieszkodliwić szkodliwe związki chemiczne oraz przeciwdziałać szkodliwemu promieniowaniu elektromagnetycznemu, statycznej elektryczności, a także negatywnym skutkom promieniowania radioaktywnego (HIGA 2003a).

Technologia EM znalazła także zastosowanie w walce ze skutkami klęsk żywiołowych. Na terenie Azji, Tajlandzkie Siły Powietrz-

ne dostarczyły ogromne ilości EM na tereny dotknięte katastrofami. Miało to na celu opanowanie stanu sanitarnego zniszczonych obszarów oraz przyspieszenie zwalczania przykrych zapachów. Na Sri Lance oraz w Indiach EM wykorzystywane były przez porządowe organizacje do likwidacji odoru, wydzielanego przez gnijące szczątki organiczne. Stosowanie technologii EM w możliwie szerokim wymiarze, pozwoli rozwiązać część problemów związanych z zanieczyszczeniem środowiska (HIGA 2003b).

### ZALETY TECHNOLOGII EM

Preparaty zawierające Efektywne Mikroorganizmy zaczęto stosować w rolnictwie ponad 20 lat temu. Od tamtego czasu prowadzone są liczne badania, które mają na celu dokładniejsze poznanie właściwości tych drobnoustrojów. Odkryto zarówno szereg cech pozytywnych jak i słabe strony EM (HIGA i PARR 1994, HIGA 2003a).

Do pozytywów stosowania technologii Efektywnych Mikroorganizmów należy zaliczyć ich nieszkodliwe oddziaływanie na zdrowie ludzi, roślin i zwierząt. Drobnoustroje zawarte w EM zostały wielokrotnie przebadane, a ich bezpieczeństwo potwierdzają uzyskane liczne, w tym międzynarodowe, certyfikaty, m.in. certyfikat Polskiego Towarzystwa Rolnictwa Ekologicznego, który gwarantuje, że produkt spełnia wszystkie normy produkcji żywności ekologicznej (LE CREN 2005, MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

Mieszanka została sporządzona z drobnoustrojów wyodrębnionych z ich naturalnego, zdrowego środowiska. Hodowane są one w bezpiecznych warunkach, nie ma wśród nich organizmów poddanych modyfikacji ani żadnej innej manipulacji genetycznej. Jest to argument dla osób przeciwnych GMO, przekonanych o szkodliwości organizmów transgenicznych (HIGA i PARR 1994, GACKA 2009, MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

Preparaty EM posiadają wyjątkowo szeroki zakres stosowania. Początkowo wykorzystywano je wyłącznie w rolnictwie, jednak z biegiem czasu przekonano się, że użyteczne drobnoustroje mogą być przydatne również

w innych dziedzinach. Obecnie są one używane w: (i) rolnictwie do produkcji roślinnej i zwierzęcej oraz do regeneracji gleby, (ii) przemyśle rolno-spożywczym oraz w przetwórstwie (WIELGOSZ i współaut. 2010), (iii) ogrodnictwie do oprysku i podlewania roślin, moczenia sadzonek oraz zaprawiania nasion (ZYDLIK i ZYDLIK 2008), (iv) ochronie środowiska do oczyszczania cieków wodnych i akwenów, rewitalizacji wody, przeciwdziałania zjawiskom epidemiologicznym (wykorzystywanie EM po zatruciach gleby, podtopieniach i powodziach), oczyszczania ścieków, kompostowania, na składowiskach odpadów (MRUGALSKA i ŚWIERK 2012b), (v) gospodarstwach domowych do wykorzystania w domu i ogrodzie, oczyszczania szamba, w małych przydomowych oczyszczalniach ścieków (MRUGALSKA i ŚWIERK 2012a).

Dodatkową zaletą preparatów jest ich szerokie rozprzestrzenienie na świecie. Intencją profesora Higa stało się wykorzystanie EM do ochrony środowiska naturalnego i przywrócenia jego pierwotnego potencjału. Pożyteczne drobnoustroje miały również chronić zdrowie i życie ludzkie, dlatego preparat został podarowany krajom rozwijającym się i sprzedany krajom rozwiniętym. Celem tego działania było uzyskanie odpowiednich funduszy na ciągły rozwój technologii. Obecnie Efektywne Mikroorganizmy są dostępne na większości kontynentów, mogą więc być stosowane w różnych regionach geograficznych i chronić środowisko oraz zdrowie ludzkie na dużych obszarach (HIGA 2003a).

### WADY STOSOWANIA EM

Pomimo wielu zalet i możliwości, które dostarcza technologia EM, należy zwrócić

uwagę również na jej słabe strony. Nie zyskała ona stuprocentowego poparcia wszystkich

naukowców, jednak przez znaczącą większość z nich została zaakceptowana i poddana dalszym badaniom (HIGA 2003b).

Preparaty EM zaliczane są do preparatów biologicznych. Ich skuteczność jest znacznie mniejsza niż preparatów chemicznych. Odnosi się to głównie do biopreparatów aplikowanych do gleby, która charakteryzuje się dużą złożonością oddziaływań różnego rodzaju, a także konkurencyjnością o składniki odżywcze i energię potrzebną wszystkim drobnoustrojom. Gleba cechuje się również dużą zmiennością temperatury, wilgoci i odczynu, co ma istotny wpływ na skuteczność i przeżywalność aplikowanych mikroorganizmów. Aby zoptymalizować skuteczność Efektywnych Mikroorganizmów, należy stosować je regularnie, zgodnie z przeznaczeniem i wskazówkami producenta (AL-TAWEL i współaut. 2009, MARTYNIUK 2011).

Drugą słabą stroną omawianych preparatów jest brak powtarzalności wyników ich stosowania. Doświadczenia przeprowadzane przez naukowców nie zawsze potwierdzają skuteczność wykorzystywania EM w rolnictwie. Często w opracowaniach naukowych podaje się informacje o tym, że zastosowanie preparatu EM nie wpływa znacząco na wzrost i rozwój roślin czy na polepszenie właściwości gleby, podczas gdy wyniki podobnych badań, prowadzonych przez innych autorów prowadzą do odwrotnych wniosków. Rozbieżność ta może wynikać z faktu, iż mieszanka EM najlepiej sprawdza się na glebach ubogich i zniszczonych, gdzie doszło do zachwiania równowagi mikrobiologicznej (KUCHARSKI i JASTRZĘBSKA 2005, VAN VLIET i współaut. 2006, FALTYN i MISZKIEŁO 2008, ZYDLIK i ZYDLIK 2008, JANAS 2009, AL-TAWEL i współaut. 2009, MARTYNIUK 2011).

#### PODSUMOWANIE

Z powodu intensywnego rozwoju gospodarczego i przemysłowego, na przestrzeni lat człowiek zaczął ingerować w przyrodę, zanieczyszczając gleby, powietrze i wody. Spowodowało to postępującą degradację środowiska oraz nasilające się zagrożenie różnego rodzaju chorobami, w tym cywilizacyjnymi. Dodatkowo, stosowane w rolnictwie chemiczne środki ochrony roślin przyczyniły się do skażenia i kumulacji ich pozostałości w glebie. Aby zatrzymać proces degradacji środowiska i stopniowo przywracać jego walory, należy podjąć stosowne działania. Odkrycie Efektywnych Mikroorganizmów okazało się dobrym i obiecującym sposobem walki z globalnym zanieczyszczeniem. Dzięki dużej popularności, szerokiemu rozprzestrzenieniu i wielokierunkowemu działaniu preparatów EM, można przywracać naturalny stan środowiska na wszystkich kontynentach. Pożyteczne drobnoustroje znalazły zastosowanie w najróżniejszych dziedzinach życia, głównie w rolnictwie, przemyśle i ochronie środowi-

ska. Za ich pomocą człowiek jest w stanie oczyszczać skażone wody, powietrze, wpływać na kondycję gleby oraz zawarte w niej organizmy. Mikroorganizmy zawarte w preparatach przyczyniają się do samooczyszczania wód, zapobiegają eutrofizacji jezior i stawów. Dodatkowo, EM wpływają korzystnie na oczyszczane ścieki, poprzez obniżenie stężenia ogólnej zawiesiny, BZT<sub>5</sub> (pięciodobowe biochemiczne zapotrzebowanie tlenu), ChZT (chemiczne zapotrzebowanie tlenu), azotu ogólnego i fosforu ogólnego. Rozkładają organiczne substancje na składowiskach odpadów, niwelują nieprzyjemny zapach, redukują powstawanie szkodliwych dioksyn. Są bezpieczne dla zdrowia ludzi, zwierząt i roślin.

Świadomość ekologiczna człowieka stale wzrasta. Społeczeństwo dąży do poprawy stanu środowiska i przywrócenia równowagi przyrodniczej. Wszystkie działania podjęte w tym kierunku, a także postawione cele, mogą być łatwiejsze do realizacji przy pomocy Efektywnych Mikroorganizmów.

#### MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA EFEKTYWNYCH MIKROORGANIZMÓW (EM) W OCHRONIE ŚRODOWISKA

##### Streszczenie

Zmiany, które zaszły w środowisku za sprawą działalności człowieka, zaznaczyły się widocznie w otaczającym nas krajobrazie. Intensywny rozwój przemysłu, komunikacji, intensyfikacja rolnictwa oraz postępująca urbanizacja stały się przyczyną co-

raz gorszego stanu wód, gleb i powietrza. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie technologii Efektywnych Mikroorganizmów, jako przykład metody umożliwiającej poprawę stanu środowiska naturalnego. Daje ona możliwość ograniczenia stosowanych

w uprawie środków chemicznych, co skutkuje uzyskaniem zdrowych plonów i poprawą jakości gleby. W wyniku zastosowania technologii EM można prowadzić wydajny recykling odpadów, a także efektywnie oczyszczać wodę i ścieki. W pracy szczególnie zwrócono uwagę na właściwości pozytywnych

mikroorganizmów i możliwości zastosowania ich w rolnictwie i ochronie środowiska. Opisując potencjał Efektywnych Mikroorganizmów przedstawiono konkretne przykłady ich wykorzystania oraz skuteczność tych metod.

## POSSIBLE APPLICATION OF EFFECTIVE MICROORGANISMS IN ENVIRONMENTAL PROTECTION

### Summary

Multiple changes that have occurred in the environment as a result of human activity mark up visibly in the surrounding landscape. Intensive development of industry, communication, agriculture and urbanization are the reasons for increasingly worsening state of water, soil and air. The aim of this paper is to present a technology called Effective Microorganisms (EM) as an example of methods designed for improvement of the environment quality. It of-

fers the possibility of limiting the use of chemicals in agriculture, to improve quality of soil and crop. The usage of EM technology can result in a more efficient recycling of the waste and more effective purification of water and wastewater. The paper particularly highlights characteristics of EM microorganisms and their possible application in agriculture and environmental protection.

### LITERATURA

- AL-TAWEL H. I., BIN OSMAN M., HAMID A. A., YUSOFF W. M., 2009. *Development of microbial inoculants and the impact of soil application on rice seedlings growth*. Am. J. Agric. Biol. Sc. 4, 79-82.
- ARSHAD J., 2006. *Foliar application of Effective Microorganisms on pea as an alternative fertilizer*. Agr. Sustain. Develop. 26, 257-262.
- BARANOWSKI A., 2004. *Preparat Efektywne Mikroorganizmy (EM®) – próby zastosowania w rolnictwie*. Przegląd Hodowlany 4, 26-27.
- BOLIGŁOWA E., GLEŃ K., 2008. *Assessment of Effective Microorganism activity (EM) in winter wheat protection against fungal diseases*. Ecol. Chem. Engin. A 15, 23-27.
- CHEN S. J., HSIEH L. T., HWANG W. I., XU H. CH., KAO J. H., 2003. *Abatement of odor emissions from landfills using natural Effective Microorganism Enzyme*. Aerosol Air Qual. Res. 3, 87-99.
- FALTYN U., MISZKIEŁO T., 2008. *Wpływ efektywnych mikroorganizmów (EM) na zdolność kiełkowania ziarna pszenicy jarej*. Zesz. Nauk. UP Wrocław., Rolnictwo 92, 31-36.
- GACKA S., 2009. *Alternatywa dla GMO*. Eurogospodarka 2, 26-27.
- GACKA S., KOLBUSZ S., 2009. *Biotechnologia EM – Farming™ – kompleksowe, naturalne rozwiązanie w produkcji zwierzęcej gwarantujące dobrostan zwierząt*. Eurogospodarz 1, 26-27.
- GAWLIK T., 2002. *EM – Efektywne Mikroorganizmy*. Aura 10, 18-19.
- HIGA T., 2003a. *Adaptacja technologii EM w środowisku, przemyśle i medycynie*. [W]: *Efektywne Mikroorganizmy (EM) w rolnictwie zrównoważonym i ochronie środowiska*. XXXVIII Międzynarodowe Sympozjum Mikrobiologiczn., SGGW, Rogów, 17-18.
- HIGA T., 2003b. *Rewolucja w ochronie naszej planety*. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa.
- HIGA T., PARR J. F., 1994. *Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment*. International Nature Farming Research Center Atami, Japan.
- JANAS R., 2009. *Możliwości wykorzystania efektywnych mikroorganizmów w ekologicznych systemach produkcji roślin uprawnych*. Problemy Inżynierii Rolniczej 3, 111-119.
- JIN M., WANG X.W., GONG T. S., GU CH. Q., ZHANG B., SHEN Z. Q., LI J. W., 2005. *A novel membrane bioreactor enhanced by effective microorganisms for the treatment of domestic wastewater*. Appl. Microb. Biotech. 69, 229-235.
- JÓZWIAKOWSKI K., 2008. *Ocena możliwości stosowania preparatu EM-Farming™ do optymalizacji pracy osadników wstępnych*. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich 5, 159-167.
- KOLASA-WIĘCEK A., 2010. *Czy Efektywne Mikroorganizmy zrewolucjonizują świat? Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1, 66-69.
- KOSAKOWSKI K., GRZELAK M., KOSAKOWSKI A., 2013. *The effect of applied probiotic preparations on health, quality and yield of selected crops*. J. Res. Appl. Agricult. Engin. 58, 261-266.
- KUCHARSKI J., JASTRZĘBSKA E., 2005. *Rola efektywnych mikroorganizmów w kształtowaniu właściwości mikrobiologicznych gleby*. Inżynieria Ekologiczna 12, 295-296.
- LE CREN F., 2005. *Przeciwutleniające. Rewolucja w medycynie XXI wieku*. Klub Dla Ciebie, Warszawa.
- MAJEWSKI A., 2010. *Efektywne Mikroorganizmy EMTM – Technologia XXI wieku nagrodzona!* Dziennik Gazeta Prawna 84, Dodatek Informacyjno-Promocyjny Biznes Raport, 4, 3.
- MALUSZYŃSKA E., SZYDŁOWSKA A., MARTYNIAK D., DZIAMBA S., DZIAMBA J., 2011. *Wpływ preparatów zawierających efektywne mikroorganizmy na zdolność kiełkowania nasion z upraw ekologicznych*. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 263, 33-42.
- MARTYNIUK S., 2011. *Skuteczne i nieskuteczne preparaty mikrobiologiczne stosowane w ochronie i uprawie roślin oraz rzetelne i nierzetelne metody ich oceny*. Post. Mikrobiol. 50, 321-328.
- MAU F. P., 2007. *Efektywne Mikroorganizmy w domu i w ogrodzie dla lepszego wzrostu roślin i dla zdrowia*. Fundacja Źródła Życia, Mszczonów.
- MRUGALSKA L., 2008. *Efektywne Mikroorganizmy w praktyce*. Raport Rolny 10, 60-61.

- MRUGALSKA L., 2009. *Efektywne Mikroorganizmy w uprawie i ochronie roślin*. Poradnik Gospodarski 10, 16-17.
- MRUGALSKA L., ŚWIĘRK D., 2012a. *Efektywne Mikroorganizmy – rewolucyjna technologia?* Poradnik Gospodarski 5, 33-35.
- MRUGALSKA L., ŚWIĘRK D., 2012b. *Efektywne Mikroorganizmy w gospodarce wodno - ściekowej*. Poradnik Gospodarski 6, 25-27.
- OKUDA A, HIGA T., 1999. *Purification of wastewater with Effective Microorganisms and its utilization in agriculture*. [W:] *Proceedings of the 5th International Conference on Kyusei Nature Farming, Thailand*. SENANAYAKE Y. D. A., SANGAKKARA U. R. (red.). APNAN, Thailand, 246-253.
- SCHICHT M. L., 2008. *Zrozumieć EM*. EMECHO 8, 3-5.
- STIELOW G., 2003. *Rich soil do not need of the fertilization*. J. Res. Appl. Agricult. Engin. 48, 20-22.
- SZYMAŃSKI N., PATTERSON R. A., 2003. *Effective microorganisms (EM) and wastewater systems in future directions for on-site systems: best management practice*. [W:] *Proceedings of On-site '03 Conference*. ARMIDALE N. S. W. (red.). Australia, Lanfax Laboratories, 347-354.
- VAN VLIET P.C.J., BLOEM J., DE GOEDE R.G.M., 2006. *Microbial diversity, nitrogen loss and grass production after addition of effective microorganisms (EM) to slurry manure*. Appl. Soil Ecol. 32, 188-198.
- WIELGOSZ E., DZIAMBĄ SZ., DZIAMBĄ J., 2010. *Effect of application of EM spraying on the populations and activity of soil microorganisms occurring in the root zone of spring barley*. Pol. J. Soil Sci. 43, 65-72.
- ZAWADZKI P., 2007. *Walczne mikroby*. Zielone Brygady, Pismo Ekologów 8, 22-25.
- ZYDLIK P., ZYDLIK Z., 2008. *Impact of biological effective microorganisms (EM) preparations on some physico-chemical properties of soil and the vegetative growth of apple-tree rootstocks*. Nauka Przyroda Technologie 2, 1-8.