

**Anna Gałązka, Anna Kocoń**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

OCENA EFEKTYWNOŚCI DZIAŁANIA PREPARATÓW  
Z MIKROORGANIZMAMI POŻYTECZNYMI NA AKTYWNOŚĆ  
ENZYMATYCZNĄ GLEBY\*

**Słowa kluczowe:** aktywność enzymatyczna gleby, dehydrogenaza, fosfatasa kwaśna, fosfatasa zasadowa, preparaty mikrobiologiczne

---

### Wstęp

Żyzność gleby jest to zespół fizycznych, chemicznych i biologicznych właściwości gleby zapewniający roślinom odpowiednie warunki do wzrostu (1, 13). Wśród tych elementów zespołu bardzo istotny jest czynnik biologiczny, w tym aktywność enzymatyczna środowiska glebowego (3, 13). Mikroorganizmy wydzielają do środowiska glebowego różnorodne enzymy, ale najważniejsze dla przemian zachodzących w środowisku uprawnym są te, które biorą udział w degradacji celulozy i innych składników komórek roślinnych oraz w przemianach azotu, fosforu czy siarki (9, 10). Enzymy glebowe są naturalnymi mediatorami i katalizatorami wielu procesów glebowych, tj.: rozkład uwalniającej do gleby podczas wegetacji roślin substancji organicznej, reakcje powstawania i rozkładu próchnicy glebowej, uwalnianie i udostępnianie roślinom substancji mineralnych, detoksykacja ksenobiotyków, nityfikacja i denityfikacja (2, 13).

W związku z ogromną rolą, jaką spełnia aktywność biologiczna gleb oraz proekologiczne technologie uprawy roślin, poszukuje się nowych, ekologicznych metod, których celem będzie m.in. zwiększenie żyzności i jakości gleby (13, 22). Do takich metod zaliczyć można, jak się wydaje, próby kształtowania żyzności gleby z wykorzystaniem preparatów z mikroorganizmami pożytecznymi. Preparaty z mikroorganizmami pożytecznymi (Efektywne Mikroorganizmy – występujące na rynku pod różnymi nazwami) są obecnie dość szeroko stosowane w praktyce rolniczej

---

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

(5, 6, 7, 14). Preparaty takie są mieszanką pożytecznych mikroorganizmów, w skład których wchodzi, m.in.: bakterie fotosyntetyzujące, bakterie kwasu mlekowego, promieniowce, drożdże, grzyby, a często także wybrane makro- i mikroelementy. Większość tego typu preparatów, choć ich skład różni się w zależności od producenta, mają ten sam cel – poprawić właściwości fizyczne, chemiczne oraz biologiczne gleby. Dotychczasowy stan wiedzy odnośnie wpływu preparatów z pożytecznymi organizmami na poprawę żyzności gleby i jakości plonu czerpany jest głównie z badań komercyjnych zleczanych różnym instytucjom przez poszczególne firmy zajmujące się produkcją i dystrybucją tych środków oraz częściowo z fragmentarycznych badań naukowych, które nie są jednoznaczne (11, 14, 15). Celem proponowanych badań była ocena efektywności działania stosowanych preparatów z mikroorganizmami pożytecznymi na poprawę aktywności biologicznej gleb, a w szczególności aktywności enzymatycznej.

### Material i metody badań

Badania dotyczące oceny efektywności działania 3 wybranych, najbardziej rozpowszechnionych w praktyce rolniczej preparatów z mikroorganizmami pożytecznymi: EM – Efektywne Mikroorganizmy, EmFarma Plus i UGmax – Użyźniacz Glebowy przeprowadzono w RZD w Grabowie (52°13'N, 19°37'E), woj. mazowieckie, w warunkach eksperymentów polowych, w latach 2012–2014. Doświadczenie zlokalizowane było na glebie płowej wytworzonej na glinie lekkiej, kompleksu przydatności rolniczej żytniego bardzo dobrego, gdzie przedplonem była pszenica ozima. Doświadczenie miało charakter statyczny i prowadzono je metodą równoważnych podbloków: split-block-split-plot, w 3 powtórzeniach. Badania przeprowadzono w sumie na 108 poletkach, każde o powierzchni brutto 48 m<sup>2</sup> i powierzchni netto (do zbioru) 25,5 m<sup>2</sup>. Roślinami doświadczalnymi we wszystkich trzech latach badań były różne gatunki zbóż: pszenżyto jare odm. Nagano, pszenicę ozimą odm. Figura oraz jęczmień jary odm. Kucyk. Siewy zbóż prowadzono zawsze w terminach optymalnych dla gatunku zboża. Zabiegi ochrony roślin prowadzono zgodnie z zaleceniami IOR, w zależności od potrzeb.

W prowadzonych badaniach zastosowano 3 czynniki badawcze. Pierwszym czynnikiem były 3 badane produkty z mikroorganizmami pożytecznymi + obiekt kontrolny: EM Naturalnie Aktywny (Greenland Technologia EM Sp. z o.o.), EmFarma Plus (PrioBiotics Polska), UGmax – Użyźniacz Glebowy (P.P.H.U. BOGDAN) oraz obiekt kontrolny – bez stosowania preparatów mikrobiologicznych (łącznie 4 obiekty). Drugim czynnikiem badawczym były 3 sposoby stosowania ww. produktów: na ściernisko, na ściernisko + słomę oraz na ściernisko + słomę + 30 kg N. Natomiast trzecim czynnikiem były 3 poziomy nawożenia N; w pierwszym roku było to: 60; 120 oraz 180 kg N·ha<sup>-1</sup>, a w kolejnych dwu latach (2013–2014): 0; 70 oraz 140 kg N·ha<sup>-1</sup>. Azot w formie saletry amonowej (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) stosowano na wiosnę, przy 2. poziomie

nawożenia, tj. NI – w dwu dawkach, natomiast przy 3. poziomie nawożenia NII – w trzech dawkach dzielonych.

Preparaty mikrobiologiczne stosowano w dawkach według zaleceń Producenta. W przypadku preparatu EM i EmFarma Plus było to 30 l preparatu na hektar, zaś UGmax aplikowano w dawce 0,9 l·ha<sup>-1</sup>. Wszystkie preparaty stosowano co roku, we wrześniu w rozcieńczeniu z 300 litrami wody i opryskiwano nimi: ściernisko lub ściernisko wraz z pociętą słomą pozostawioną na polu po zbiorze ziarna, a także ściernisko ze słomą z dodatkiem azotu (30 kg N). Po oprysku, zawsze tego samego dnia, preparaty były przykrywane ok. 10 cm warstwą gleby (kompaktową broną talerzową KBT). Działanie badanych produktów porównywano z obiektami kontrolnymi, bez stosowania ww. preparatów. W schemacie doświadczenia nie uwzględniono kombinacji z dodatkiem do gleby tylko nośnika zastosowanego w preparacie.

Badanie aktywności enzymatycznej gleby opierało się na oznaczeniu aktywności dehydrogenaz oraz fosfatazy kwaśnej i alkalicznej metodą spektrofotometryczną. Aktywność dehydrogenaz oznaczano przy użyciu 1% TTC (chlorek trójfenylotetrazolu) jako substratu, po 24-godzinnej inkubacji w temperaturze 37°C, przy długości fal 485 nm i wyrażano w  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  s.m. gleby (4). Aktywności fosfataz w glebie oznaczono metodą kolorymetryczną według Tabatabai i Bremner (21). Pomiar uwolnionego p-nitrofenolu mierzono w czasie hydrolitycznego rozkładu katalizowanego przez fosfatazę alkaliczną (pH = 11,0) lub kwaśną (pH = 6,5) soli disodowej p-nitrofenylofosforanu. Za jednostkę aktywności przyjęto 1  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  s.m. gleby. Stężenie enzymów obliczano, stosując krzywą wzorcową sporządzoną dla spektrofotometru Nicolet Evolution 60 (ThermoScientific).

### Stosowanie preparatów z Efektywnymi Mikroorganizmami a aktywność enzymatyczna gleby

Do badań wybrano glebę płąwą wytworzoną na glinie lekkiej, kompleksu przydatności rolniczej żytniego bardzo dobrego, gdzie przedplonem była pszenica ozima. Gleba charakteryzowała się uregulowanym odczynem pH oraz korzystnymi zasobnościami w podstawowe makro- i mikroelementy (tab. 1).

Tabela 1

Właściwości chemiczne górnej warstwy (0-20 cm) gleby

Gleba	pH w KCl	C org. (%)	N mineralny ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ś.m. gleby)		Zawartość ( $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ gleby)			Formy całkowite ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby)					
			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	B	Cu	Fe	Zn	Mn	Mo
Gлина piaszczysta	6,8	0,70	2,9	12,3	28,5	11,3	2,6	5,6	4,5	4455	21,4	148	0,09

Ocenę sposobu stosowania oraz wpływ preparatów z mikroorganizmami pożytecznymi na wybrane parametry żyzności gleby przeprowadzono w oparciu o podstawowe mierniki oceny aktywności biologicznej gleby – w tym opracowaniu jest to aktywność enzymatyczna gleby.

W celu oceny istotności różnic wielu średnich zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji. Celem tej analizy była weryfikacja hipotezy, że średnie w grupach są jednakowe, wobec hipotezy alternatywnej: co najmniej dwie średnie różnią się między sobą (rozkłady zmiennych były zbliżone do rozkładu normalnego). Za zmienne w analizie wariancji przyjęto aktywności enzymatyczne (dehydrogenaz, fosfatazy zasadowej i kwaśnej) (tab. 2). Na podstawie jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA (tab. 2) możemy wnioskować, że średnie zmiennych w poszczególnych grupach: preparat, sposób stosowania preparatu, nawożenie N i rok różnią się istotnie statystycznie. W celu stwierdzenia, które średnie dla analizy jednoczynnikowej wariancji różnią się między sobą, a które są równe, zastosowano test NIR (najmniejszej istotnej różnicy) oraz test Tukeya.

Tabela 2

Wyniki analizy jednoczynnikowej wariancji średnich zmiennych w poszczególnych grupach: preparat, sposób stosowania preparatu, nawożenie N i rok ( $\alpha \leq 0,05$ ) dla całego zbioru danych

ZMIENNA Ogólna liczebność	Preparat		Sposób stosowania		Nawożenie N		Rok	
	wartość F	$\alpha$	wartość F	$\alpha$	wartość F	$\alpha$	wartość F	$\alpha$
aktywności enzymatyczne								
Dehydrogenaza ( $\text{mm}^3 \text{H}_2 \cdot 100 \text{g}^{-1}$ )	63,886*	0,000*	0,236	0,790	0,00904	0,024	78,512*	0,000*
Fosfataza zasadowa ( $\text{ug p-nitrofenolu} \cdot \text{g}^{-1}$ )	1,0456*	0,008*	0,6387*	0,031*	0,6464*	0,024*	224,436*	0,000*
Fosfataza kwaśna ( $\text{ug p-nitrofenolu} \cdot \text{g}^{-1}$ )	5,932*	0,000*	6,102*	0,0036*	3,864*	0,003*	27,694*	0,000*

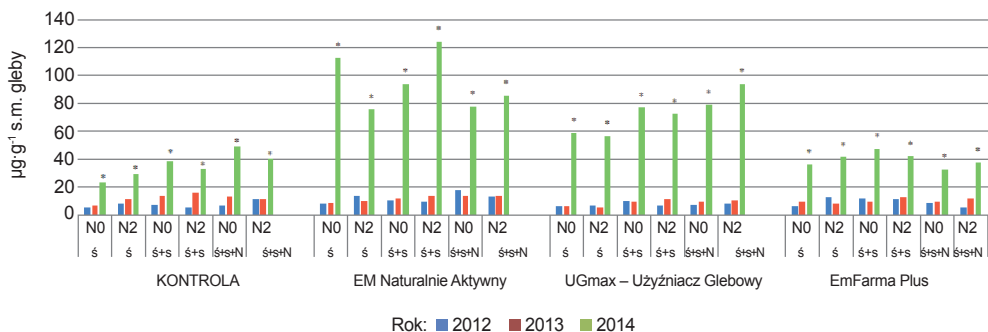
\* istotne statystycznie ( $\alpha \leq 0,05$ ) wartości F i poziomy istotności

Aktywność enzymatyczna gleb jest bardzo czułym wskaźnikiem oceny jej właściwości (2, 10, 13, 17). Szczególnie znaczenie aktywności enzymatycznej dla funkcjonowania mikroorganizmów glebowych sprawia, że wskaźniki te są powszechnie stosowane w określaniu aktywności biologicznej gleby (3). Główne grupy enzymów w badaniach gleb to oksydoreduktazy (dehydrogenazy) i fosfatazy. Wysoka aktywność biochemiczna tych enzymów w glebie sprawia, że odgrywają one decydującą rolę w kształtowaniu stabilności ekologicznej i produktywności agroekosystemów i postrzegana jest jako dobry wskaźnik jakości gleby (4, 17). W badaniach enzymatycznych gleby poszukuje się enzymów, których aktywność

może służyć jako wskaźnik żyzności i jakości gleby, który obok analiz chemicznych umożliwia ocenę dostępności w glebie związków pokarmowych dla roślin, które pozwalają zarejestrować zmiany specyficznych zdolności kompleksu glebowego zachodzące pod wpływem systemu upraw, nawożenia, warunków klimatycznych czy wpływu czynników antropogenicznych (13). Dehydrogenazy stanowią liczną grupę oksydoreduktaz zlokalizowanych w cytoplazmie lub specyficznych strukturach utworzonych z błon cytoplazmatycznych (3, 7). Katalizują utlenianie związków organicznych przez odłączenie od nich elektronów i protonów. W warunkach tlenowych są one przenoszone poprzez szereg pośredników na elementy łańcucha oddechowego i ostatecznie na  $O_2$  (4).

W badanych próbkach zaobserwowano dużą zmienność w aktywności dehydrogenaz w zależności od roku oraz zastosowanego preparatu. Z literatury przedmiotu wynika, iż aktywność dehydrogenaz w dużej mierze zmienia się sezonowo i zależy od chemicznych, fizycznych i biologicznych cech gleby (17). Aktywność oksydoreduktaz w glebie związana jest z metabolizmem oddechowym glebowych drobnoustrojów, a także z powszechnie występującymi w nich czynnościami wielu enzymów lub systemów enzymatycznych (4). Czynne dehydrogenazy występują w glebie jako integralna część nienaruszonych komórek (3). Oznaczenie aktywności tych enzymów w glebie jest zatem wskaźnikiem intensywności metabolizmu oddechowego mikroorganizmów glebowych, głównie bakterii i promieniowców. Wykazano, że zmiana stanu natlenienia gleby istotnie modyfikuje aktywność dehydrogenaz glebowych (17).

Najwyższe aktywności dehydrogenaz stwierdzono w roku 2014, po zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego o nazwie EM i UGmax (rys. 1). Stwierdzono, iż zarówno zastosowany preparat mikrobiologiczny, jak i rok badań mają statystycznie istotny wpływ na wzrost aktywności dehydrogenaz w glebie (tab. 1).



n = 3; K – kontrola, EM – preparat EM, Ug – preparat UGmax, PBE – preparat EmFarma Plus (ProBioEMy)

\* istotnie statystycznie ( $\alpha \leq 0,05$ ) wartości F i poziomy istotności

Rys. 1. Aktywność dehydrogenaz w próbkach glebowych w latach 2012–2014

Źródło: opracowanie własne

Według Bielińskiej i in. (2) zastosowane preparaty użyźniające (EM, PRP Sol, Rosahumus, UG max) stymulowały aktywność dehydrogenaz, ureazy oraz proteazy w badanych glebach. Valarini i in. (23) przeprowadzając badania z Efektywnymi Mikroorganizmami stwierdzili, że zastosowanie preparatu EM istotnie zwiększyło aktywność enzymatyczną gleby, przyczyniając się do szybkiej humifikacji materii organicznej. Wyniki uzyskane w doświadczeniu mikropoletkowym nie spowodowały zmian w aktywności pod wpływem obu badanych czynników. Wartości te były zbliżone do siebie, a dawka preparatu EM nie wpłynęła znacząco na zmianę aktywności biologicznej gleby. Gajda i Igras (6) stwierdzili na ogół istotnie wyższą aktywność enzymatyczną gleby i intensywność oddychania zarówno w glebie ubogiej, jak i zasobnej w PK pod pszenicą jarą po dawce  $7,51 \cdot \text{ha}^{-1}$  EM-1. Również, wyniki uzyskane z doświadczeń polowych przez Kaczmarka i in. (9) potwierdzają wyższą aktywność enzymatyczną dehydrogenaz po wprowadzeniu do gleby preparatu EM. Z badań Kaczmarek i in. (8) wynika, iż preparat EM wpływał pozytywnie na rozwój ogólnej liczby bakterii, grzybów, promieniowców i mikroorganizmów kopiotroficznych oraz hamował namnażanie drobnoustrojów oligotroficznych. Ponadto, preparat działał pozytywnie na aktywność dehydrogenaz glebowych.

W literaturze przedmiotu odnaleźć można także negatywne skutki stosowania preparatów mikrobiologicznych. W doświadczeniu Kucharskiego i Jastrzębskiej (14) zastosowanie szczepionek z Efektywnymi Mikroorganizmami powodowało hamowanie aktywności dehydrogenaz. Poziom aktywności enzymatycznej zależy od gatunku gleby, rodzaju rośliny uprawnej, odzwierciedla także warunki tlenowe i wilgotnościowe w glebie (17). Zdaniem Badury (1) zasadność stosowania doglebowo preparatów z Efektywnymi Mikroorganizmami istnieje jedynie na glebach zdegradowanych, zniszczonych i ubogich, na których brak drobnoustrojów pełniących funkcje ochronne. Z kolei zdaniem Martyniuka i Księżaka (15) w warunkach polowych trudno jest uzyskać pozytywne efekty stosowania preparatów mikrobiologicznych, głównie ze względu na skomplikowane interakcje między autochtonicznymi organizmami glebowymi oraz oddziaływanie abiotycznych i biotycznych czynników środowiska glebowego. Powyższe stwierdzenie wyjaśniać może rozbieżności w wielu publikowanych wynikach badań (11, 12, 18, 19, 20, 23, 24).

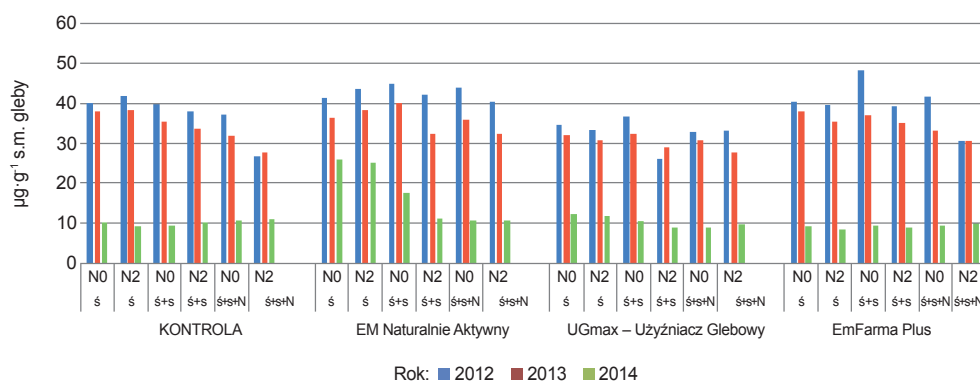
Drugą grupę enzymów ujętych w badaniach dotyczących wpływu preparatów z mikroorganizmami pożytecznymi na aktywność enzymatyczną gleby stanowiły fosfatazy – kwaśna i zasadowa.

Termin fosfatazy jest używany w odniesieniu do szerokiej grupy enzymów, które katalizują hydrolizę estrów i bezwodników kwasu ortofosforowego (1, 16). Fosfatazy odgrywają ważną rolę w glebie, ponieważ stymulują przemiany organicznych związków fosforu w nieorganiczne fosforany ( $\text{HPO}_4^{-2}$  i  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ ), bezpośrednio dostępne dla roślin i organizmów glebowych (13). Podział fosfataz na hydralazy monoestrów fosforanowych – potoczna nazwa fosfomonoesterazy (EC 3.1.3.), hydralazy diestrów fosforanowych – fosfodiesterazy (EC 3.1.4.) i hydralazy triestrów fosforanowych – fosfortriesterazy (EC 3.1.5.) jest oparty na liczbie wiązań estrowych odpowiedniego

substratu (16). Dostępność fosforu może być czynnikiem ograniczającym rozwój roślin w wielu lądowych ekosystemach. Rośliny wykorzystują jedynie fosfor nieorganiczny, dlatego też mineralizacja organicznych związków fosforu ma duże znaczenie w rolnictwie i ekonomii. Większość zapotrzebowania roślin na fosfor jest zaspokajana poprzez transformację glebowej materii organicznej (13). Początkowe etapy rozkładu substancji organicznej mogą być czynnikiem ograniczającym szybkość mineralizacji fosforu organicznego. Oznaczanie aktywności fosfatyz w warunkach niekorzystnych dla aktywności życiowej mikroorganizmów odgrywa istotną rolę w ocenie stopnia mineralizacji materii organicznej (1, 16). Głównym źródłem fosfatyz w środowisku glebowym są przede wszystkim mikroorganizmy glebowe, a także korzenie roślin i fauna glebowa. W oznaczeniach biologicznych próbek glebowych sugerowany jest podział fosfomonoesteraz na trzy typy: alkaliczne, obojętne i kwaśne (odmienne optimum pH) (16). Kwaśny odczyn gleby (pH 4–6) jest optymalny dla kwaśnej fosfomonoesterazy (EC 3.1.3.1.) zwanej potocznie fosfatazą kwaśną, zaś alkaliczny (pH 8–10) dla alkalicznej fosfomonoesterazy, zwanej potocznie fosfatazą alkaliczną (EC 3.1.3.2.). Wyróżnia się również w glebie fosfatazy obojętne (13) z optimum aktywności przy pH 6,5–7.

Aktywność fosfatyz w środowisku glebowym odzwierciedla aktywność enzymów związanych z koloidami glebowymi i substancjami humusowymi, wolnymi fosfatyzami w roztworze glebowym oraz fosfatyzami związanymi z żywymi i martwymi komórkami roślin i mikroorganizmów (13). Fosfatyz mogą być dobrym wskaźnikiem potencjału mineralizacji fosforu organicznego oraz aktywności biologicznej gleby.

Najwyższą aktywność fosfatyz alkalicznej stwierdzono w pierwszym roku badań (2012), natomiast najniższą – w ostatnim roku (2014) (rys. 2). Stwierdzono statystycznie istotny spadek aktywności fosfatyz alkalicznej w każdym kolejnym roku badań.



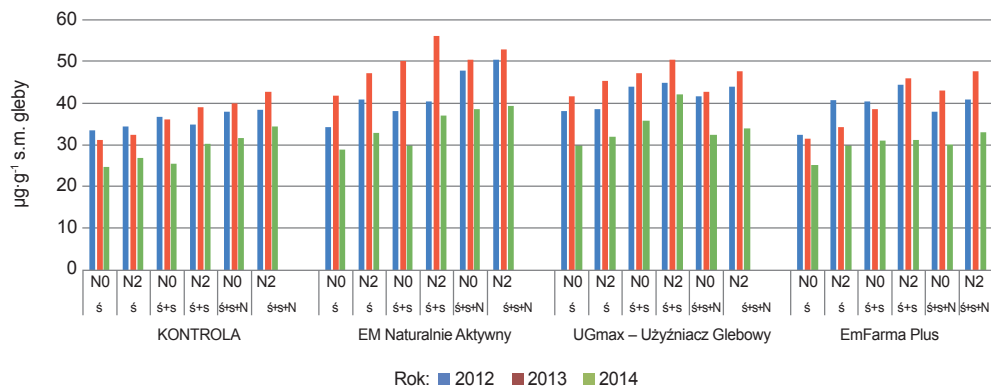
n = 3; K – kontrola, EM – preparat EM, Ug – preparat UGmax, PBE – preparat EmFarma Plus (ProBioEMy) ś – ściernisko; ś+s- ściernisko i słoma; ś+s+N – ściernisko, słoma i nawożenie; N0 – brak nawożenia; N2 – II dawka N

Rys. 2. Aktywność fosfatyz alkalicznej w próbkach glebowych w latach 2012–2014

Źródło: opracowanie własne



Najwyższe aktywności fosfatazy kwaśnej stwierdzono w pierwszym i drugim roku badań po zastosowaniu preparatu o nazwie EM i Ugmax (rys. 3). Na poziom aktywności fosfatazy kwaśnej istotnie statystycznie wpłynął także sposób stosowania preparatu oraz poziom nawożenia (rys. 4).



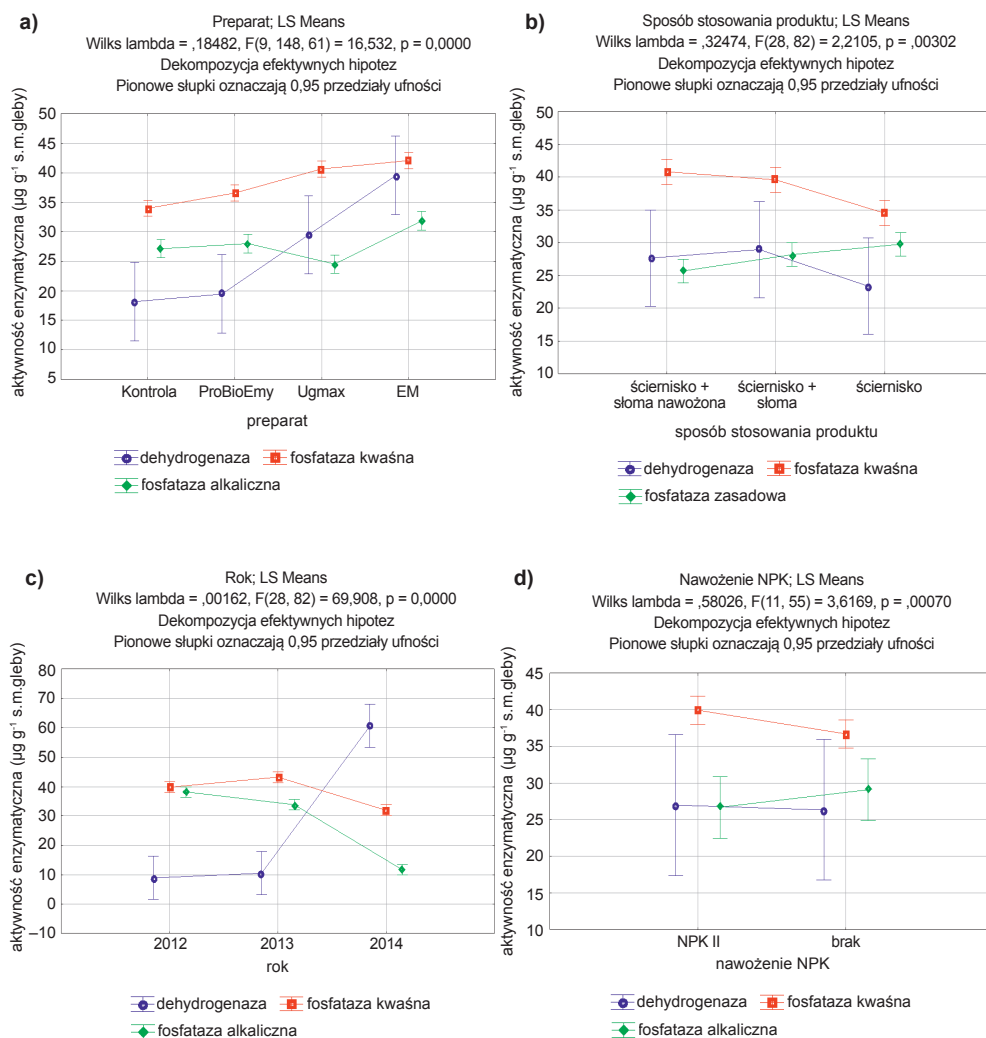
n = 3; K – kontrola, EM – preparat EM, Ug – preparat UGmax, PBE – preparat EmFarma Plus (ProBioEMy)  
 ś – ściernisko; ś+s- ściernisko i słoma; ś+s+N – ściernisko, słoma i nawożenie; N0 – brak nawożenia; N2 – II dawka N

Rys. 3. Aktywność fosfatazy kwaśnej w próbkach glebowych w latach 2012–2014

Źródło: opracowanie własne

Ponadto stwierdzono statystycznie istotny wpływ zastosowanego preparatu, sposobu jego dozowania oraz nawożenia na zmiany aktywności fosfatazy alkalicznej w badanych próbkach glebowych (rys. 4). Natomiast w przypadku oznaczeń aktywności fosfatazy kwaśnej stwierdzono statystycznie istotny wpływ zarówno zastosowanego preparatu, sposobu jego dozowania oraz roku badań na poziom aktywności fosfatazy kwaśnej w glebie (rys. 4).





Rys. 4. Wieloczynnikowa analiza wariancji ANOVA dla zmiennych aktywności enzymatycznej gleb dla grup: a) rok, b) preparat, c) sposób stosowania preparatu oraz d) nawożenie NPK dla  $\alpha \leq 0,05$   
 Źródło: opracowanie własne

Kwaśna fosfataza, podobnie jak fitaza, jest enzymem o małej specyficzności substratowej mającym zdolność hydrolizowania wielu połączeń fosforanowych o zróżnicowanej budowie cząsteczki (13). Kwaśne fosfatazy roślin hydrolizują heksafosforan inozytoli. W badanych glebach aktywność fosfatazy kwaśnej była ok. 25% większa niż fosfatazy alkalicznej. Kwaśna fosfataza jest enzymem o małej specyficzności substratowej, mającym zdolność hydrolizowania wielu połączeń fosforanowych o zróżnicowanej budowie cząsteczki.

Wiele badań dowodzi, że aktywność enzymów glebowych jest dodatnio skorelowana z zasobnością gleb w składniki pokarmowe (12). Przeciwnie tendencje stwierdzono w przypadku aktywności fosfatazy kwaśnej i alkalicznej. Dostarczenie nawozów do gleby może spowodować wzrost aktywności mikrobiologicznej gleby, a jednocześnie obniżyć aktywność niektórych enzymów (13). Nadmiar nieorganicznego fosforu w glebie hamuje syntezę fosfataz. Nahas i in. (16), badając relacje między aktywnością kwaśnej i alkalicznej fosfatazy a zawartością różnych form fosforu (całkowitego, organicznego i przyswajalnego), stwierdzili dodatnie korelacje wyłącznie w przypadku całkowitego fosforu i materii organicznej. Zdaniem wielu autorów (9, 10, 13, 16), fosfatazy mają zdolność hydrolizowania związków fosforu organicznego w ilościach przewyższających zapotrzebowanie roślin na fosfor, a czynnikiem ograniczającym ich aktywność w glebie jest dostępność fosforu organicznego ulegającego hydrolizie.

Wszystkie przemiany pierwiastków biogennych zachodzące w glebie stymulowane są przez enzymy warunkujące ich przejście w formy dostępne dla roślin. Procesy te odgrywają ważną strukturalną i funkcjonalną rolę w dynamice cyklu odżywczego roślin i mogą w istotny sposób wpływać na ich wzrost i rozwój (16). Monitoring pedosfery z wykorzystaniem metod opartych na testach enzymatycznych pozwala na kompleksową ocenę zmian, jakie zachodzą w środowisku glebowym pod wpływem różnych metod poprawy żyzności gleby, w tym także preparatów mikrobiologicznych. Każdy typ gleby cechuje charakterystyczny skład specyficznych enzymów i właściwy sobie poziom aktywności enzymatycznej (13).

Różnice w kształtowaniu się aktywności enzymatycznej w różnych glebach spowodowane są głównie tym, że każdy typ gleby zależnie od jej pochodzenia i warunków rozwojowych jest odmienny pod względem zawartości materii organicznej, składu granulometrycznego i aktywności mikroorganizmów, a w konsekwencji procesów biochemicznych. Wpływ systemu nawożenia na aktywność badanych enzymów glebowych zależy od rodzaju enzymu. Wiąże się to zarówno z indywidualnymi właściwościami enzymów, ich odpornością na środowiskowe czynniki stresowe, jak i z zawartością w glebie specyficznych substratów dla reakcji enzymatycznych.

Uzyskane wyniki badań potwierdzają wzrost parametrów aktywności biologicznej gleb (głównie aktywności enzymatycznej) po zastosowaniu preparatów mikrobiologicznych. Trudno jest jednak jednoznacznie ocenić, czy efekt ten spowodowany jest wyłącznie wprowadzeniem do gleby samych mikroorganizmów, metabolitów tych drobnoustrojów, czy też bogatego podłoża, jakim jest melasa stanowiąca nośnik tychże preparatów. Już samo dostarczenie do gleby bogatego źródła węgla, jakim jest melasa, może powodować wzrost liczebności autochtonicznych drobnoustrojów, jak i ich aktywności enzymatycznych. Przy tak niejednoznacznych wynikach badań zasadne byłoby przeprowadzenie dokładniejszych badań, głównie ze względu na bardziej rozbudowaną i miarodajną kontrolę doświadczenia.

Liczebność mikroorganizmów wprowadzanych do gleby w postaci preparatów mikrobiologicznych jest zwykle redukowana do poziomu naturalnego i szybko

wypierana przez drobnoustroje autochtoniczne (15). Każda gleba w warunkach naturalnych zasiedlona jest przez drobnoustroje, które przystosowały się do życia w danej glebie i skolonizowały w niej wszystkie dostępne i umożliwiające egzystencję nisze ekologiczne. Urodzajne, żyzne gleby zawierają w 1g świeżej masy gleby setki milionów, a nawet miliardy samych bakterii. Ich liczebność i aktywność uwarunkowana jest wieloma czynnikami. Głównym czynnikiem ograniczającym ich rozwój jest zawartość dostępnej materii organicznej. W glebie substancja organiczna ulega szeregom przemian przeprowadzanym przez różne grupy drobnoustrojów, a ich tempo uzależnione jest od warunków klimatycznych, struktury gleby oraz stopnia zanieczyszczenia środowiska glebowego.

Skład zespołów mikroorganizmów ulega ciągłym zmianom w zależności od zmian warunków fizycznych i chemicznych w środowisku oraz zmian wywoływanych aktywnością fizjologiczną i metaboliczną poszczególnych populacji (gatunków). Drobnoustroje glebowe odpowiedzialne są za przeprowadzanie wszystkich biochemicznych procesów i transformacji, które występują w glebach. Ich liczebność i aktywność wpływa bezpośrednio na żyzność i jakość gleby, a tym samym na wzrost oraz jakość plonów.

## Literatura

1. B a d u r a L.: Czy znamy wszystkie uwarunkowania funkcji mikroorganizmów w ekosystemach lądowych. Kosmos. Probl. Nauk Biol., 2004, **53**: 373-379.
2. B i e l i Ń s k a E.J., F u t a B., B i k-M o ł o d z i ń s k a M., S z e w c z u k M., S u g i e r D.: The impact of fertilizing agents on the enzymatic activity of soils. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2013, **58**(3): 15-19.
3. B r z e z i ń s k a M., W ł o d a r c z y k T.: Enzymy wewnątrzkomórkowych przemian redoks (oksydoreduktazy). 2005, Acta Agrophys. Rozpr. Monogr. **3**: 11-26.
4. C a s i d e L., K l e i n D., S a n t o r o T.: Soil dehydrogenase activity. Soil Sci., 1964, **98**: 371-376.
5. D a l y M.J., S t e w a r t D.P.C.: Influence of "effective microorganisms" (EM) on vegetable production and carbon mineralization – a preliminary investigation. J. Sustain. Agric., 1999, **14**: 15-25.
6. G a j d a A., I g r a s J.: Określenie produkcyjnych i ekologicznych skutków stosowania preparatu EM-A w uprawie zbóż i rzepaku. IUNG Puławy, 2003, 1-17.
7. J a n a s R.: Możliwości wykorzystania efektywnych mikroorganizmów w ekologicznych systemach produkcji roślin uprawnych. Probl. Inż. Roln., 2009, **3**: 111-119.
8. K a c z m a r e k Z., J a k u b u s M., G r z e ł a k M., M r u g a l s k a L.: Wpływ dodatków różnych dawek Efektywnych Mikroorganizmów do poziomów orno-próchnicznych gleb mineralnych na ich właściwości fizyczne i wodne. J. Res. Appl. Agric. Eng., 2008, **53**(3): 122-127.
9. K a c z m a r e k Z., W o l n a-M a r u w k a A., J a k u b u s M.: Zmiany liczebności wybranych grup drobnoustrojów glebowych oraz aktywności enzymatycznej w glebie inokulowanej efektywnymi mikroorganizmami (EM). J. Res. and Appl. in Agric. Eng., 2008, **53**(3): 122-128.
10. K i e l i s z e w s k a-R o k i c k a B.: Enzymy glebowe i ich znaczenie w badaniach aktywności mikrobiologicznej gleby. Drobnoustroje środowiska glebowego, H. Dahm i A. Pokojska-Burdziej (red.), UMK Toruń, 2001, 37-47.

11. K o c o ń A.: Środki wspomagające uprawę roślin, środki poprawiające właściwości gleby – preparaty mikrobiologiczne. Mat. Szkol. Studia Podyplomowe. Integrowana Produkcja Roślinna. Puławy 2013, **8**: 95-99.
12. K o r d a s L., Z b r o s z c z y k U.: Wpływ systemu uprawy roli i Efektywnych Mikroorganizmów (EM) na właściwości biologiczne gleby spod pszenicy jarej uprawianej w krótkotrwałej monokulturze. *Fragm. Agron.*, 2012, **3**: 95-102.
13. K u c h a r s k i J.: Relacje między aktywnością enzymów a żyznością gleby. W: *Drobnoustroje w środowisku. Występowanie, aktywność i znaczenie*, W. Barabasz (red.). AR Kraków, 1997, 327-374.
14. K u c h a r s k i J., J a s t r z ę b s k a E.: Rola mikroorganizmów efektywnych (EM) i glebowych w kształtowaniu właściwości mikrobiologicznych gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 2005, **507**: 315-322.
15. M a r t y n i u k S., K s i ę ż a k J.: Ocena pseudomikrobiologicznych preparatów stosowanych w uprawie roślin. *Pol. J. Agron.*, 2011, **6**: 27-33.
16. N a h a s E., C e n t u r i o n J.F., A s s i s L.C.: Efeito das características químicas dos solos sobre os microorganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 1994, **18**(1), 49-53.
17. P i o t r o w s k a - C y p l i k A., C y p l i k P.: Estimation of correlation between total microorganism counts and dehydrogenase activity measurement in compost from anaerobic sewage sludge. *Nauka Przyr. Technol.*, 2008, **2**: 3-13.
18. R u t k o w s k a A.: Stan obecny i perspektywy stosowania środków wspomagających uprawę roślin. *Studia i Raporty IUNG- PIB*, 2010, **25**: 53-67.
19. S t ę p i e ń A., A d a m i a k E.: Efektywne mikroorganizmy (EM-1) i ich wpływ na występowanie chorób zbóż. *Progr. Plant Prot.*, 2009, **49**(4): 2027-2030.
20. S u l e w s k a H., S z y m a ń s k a G., P e c i o A.: Evaluation of Ugmax soil additive applied in maize grown for grain and silage. *J. Res. Appl. Agr. Engin.*, 2009, **54**(4): 120-125.
21. T a b a t a b a i M.A., B r e m n e r J.M.: Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.*, 1969, **1**: 301-307.
22. V a l a r i n i P.J., D í a z A l v a r e z M.C., G a s c ó J.M., G u e r r e r o F., T o k e s h i H.: Assessment of soil properties by organic matter and EM-microorganism incorporation. *R. Bras. Ci. Solo.*, 2003, **27**: 519-525.
23. W e y m a n - K a c z m a r k o w a W.: Interdependencies between oligotrophic and copiotrophic bacteria in soils of different mechanical structure. *Pol. J. Soil Sci.*, 1995, **29**(1): 62-72.
24. Z y d l i k P., Z y d l i k K.: Impact of biological effective microorganisms (EM) preparations on some physic-chemical properties of soil and the vegetative growth of apple-tree roots. *Nauka Przyr. Technol.*, 2008, **2**(1): 1-7.

---

Adres do korespondencji:

*dr Anna Gałazka*  
*Zakład Mikrobiologii Rolniczej*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czartoryskich 8*  
*24-100 Puławy*  
*tel. 81 47 86 950*  
e-mail: [agalazka@iung.pulawy.pl](mailto:agalazka@iung.pulawy.pl)