

Wpływ polepszaczy glebowych zastosowanych w uprawie *Medicago sativa* na wybrane właściwości chemiczne i biologiczne gleby

D. SWĘDRZYŃSKA¹, W. ZIELEWICZ², A. SWĘDRZYŃSKI², K. GŁUCHOWSKA¹,
A. WOLNA-MARUWKA¹

¹Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

²Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

The effect of soil improvers used in the cultivation of *Medicago sativa* on selected chemical and biological properties of soil

Abstract. The objective of this study was to determine the effect of selected calcium-based soil improvers applied to field-grown alfalfa (Fraver) on the some chemical and biological properties of soil. The research revealed that the application of the improvers noticeably increased the pH of soil and the content of magnesium. The influence of the soil improvers on the microbial and enzymatic properties of soil was equivocal. However, it can be concluded that this specimens increased the number of total bacteria and oligotrophs and the enzymatic activity of soil.

Keywords: alfalfa, enzymatic activity of soil, *Medicago sativa*, number of soil microorganisms, soil improvers.

1. Wstęp

Zdaniem niektórych autorów (np. TILMAN i WSP., 2002; OBIDZINSKI i WSP., 2012) przekształcenie środowiska przyrodniczego Ziemi na skutek postępu cywilizacyjnego, w tym coraz bardziej ekspansywnego rolnictwa, wydaje się być bliskie przekroczenia granicy wyzwalającej lawinę zmian, których negatywnych skutków nie da się już zatrzymać, a tym bardziej odwrócić. Najważniejszym wyzwaniem świadomej i prawdziwie nowoczesnej agronomii wydaje się być poszukiwanie rozwiązań zapewniających zoptymalizowanie poziomu produkcji przy radykalnym ograniczeniu negatywnej presji na środowisko przyrodnicze. Jednym z podejmowanych w tym celu działań jest stymulowanie i utrzymanie żyzności gleby poprzez uruchomienie jej uśpionego potencjału tkwiącego w niedostępnych dla roślin formach biogenów, czy stwarzanie korzystnych warunków

ków dla rozwoju mikroflory glebowej odpowiedzialnej między innymi za przetwarzanie materii organicznej w próchnicę glebową. Taką rolę pełnić mają, coraz liczniej reprezentowane na rynku, preparaty nawozowe, tzw. biokondycjonery czy ulepszacze glebowe, które według deklaracji producentów kompleksowo wpływają na optymalizację wielu właściwości chemicznych i fizycznych gleby oraz zachodzących w niej procesów. Ich rolą jest, między innymi, poprawa efektywności mineralizacji materii organicznej oraz uruchamianie niedostępnych dla roślin, a obecnych w zasobach gleby pierwiastków. Takimi preparatami są: Physio-Mescal G 18 (dawna nazwa Timac G 18) oraz Physiomax 975, produkowane na bazie wysoko reaktywnego wapnia, pochodzącego ze złóż morskich we Francji. Wiadomo, że rolą wapnia oprócz zwiększania pH gleby jest wpływ na wzrost zawartości w roślinach takich składników pokarmowych jak fosfor i molibden oraz zmniejszanie szkodliwego oddziaływania glinu – składnika ograniczającego wzrost korzeni (GRZEBISZ i WSP., 2014; MARSCHNER, 2012) Zastosowanie tych preparatów w uprawie polowej lucerny siewnej (*Medicago sativa* L.), gatunku dość wymagającego odnośnie odczynu gleby i jej zasobności w wapń jest więc w pełni uzasadnione. Według GRZEBISZA i WSP. (2014) stopniowe obniżanie pH gleby i jej zasobności w wapń (poza mechanicznymi uszkodzeniami roślin) może być powodem spadku plonów lucerny w kolejnych latach użytkowania. Ponadto wapń wpływa pozytywnie na efektywność wykorzystania azotu przez rośliny na skutek aktywowania mikroflory glebowej do mineralizacji związków organicznych i uwalniania dostępnych form azotu, jak również na efektywność wiązania azotu cząsteczkowego z powietrza przez bakterie z rodzaju *Rhizobium*.

Physio-Mescal G 18 jest polepszaczem glebowym opartym o węglan wapnia (65% CaCO_3). Zawiera w swoim składzie 18% fosforu oraz 5% MgO. Physiomax 975 zawiera 76% wysoko reaktywnego CaCO_3 i 3% MgO. Nawóz ten zalecany jest na stanowiska zasobne w fosfor i gdzie nie trzeba uzupełniać nawożenia tym składnikiem. Ponadto obydwu nawozom szczególne właściwości ma zapewnić dodatek kompleksu (Physio+), który jest ekstraktem z alg morskich, bogatym w polipeptydy i węglowodany, a razem z węglanem wapnia ma za zadanie stymulowanie aktywności mikrobiologicznej gleby. Według informacji producenta pod wpływem działania Physio+ korzenie szybciej i bardziej efektywnie pobierają składniki pokarmowe z gleby, a po okresie zimy system korzeniowy szybciej się regeneruje.

Celem pracy było określenie wpływu polepszaczy glebowych Physio-Mescal G 18 i Physiomax 975, zastosowanych w uprawie lucerny siewnej na właściwości chemiczne i aktywność mikrobiologiczną gleby.

2. Materiał i metody

Doświadczenie polowe prowadzono w latach 2012–2014 na polu Rolniczego Gospodarstwa Doświadczalnego Brody należącego do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, na glebie klasy bonitacyjnej IIIb, utworzonej z piasków gliniastych lekkich o miąższości poziomu próchnicznego wynoszącej ponad 30 cm, odznaczającej się średnią zawartością próchnicy (1,24%), odczynem obojętnym oraz wysoką zawartością fosforu, średnią potasu i niską magnezu.

Doświadczenie założono w układzie bloków losowanych w trzech powtórzeniach. Powierzchnia poletka wynosiła 25 m². Badano wpływ stosowania polepszaczy glebowych Physio-Mescal G 18 i Physiomax 975 w zasiewie lucerny siewnej odmiany Fraver firmy DSV. Zastosowano następujące obiekty doświadczalne: – nawożenie fosforowo-potasowe w ilości 120 kg K₂O ha⁻¹ (sól potasowa) i 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ (superfosfat potrójny); – nawożenie Physio-Mescal G 18 w dawce 400 kg ha⁻¹ oraz 120 kg K₂O ha⁻¹ (sól potasowa); – nawożenie Physiomax 975 w dawce 300 kg ha⁻¹ oraz 120 kg K₂O ha⁻¹ (sól potasowa) i 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ (superfosfat potrójny); – kontrola (brak nawożenia). Nawożenie stosowano corocznie, bezpośrednio przed ruszeniem wegetacji.

Lucernę zasiano 20 kwietnia 2012 r. bez rośliny ochronnej w ilości 15 kg ha⁻¹. Nasiona traktowano przed wysiewem szczepionką bakteryjną Nitragina, właściwą dla lucerny.

W trakcie trwania doświadczenia, panowały zmienne warunki pogodowe (tab.1). Pierwszy rok badań (2012) wyróżniał się wysoką, jak na warunki Wielkopolski, sumą opadów, bardzo mokrymi i dość chłodnymi czerwcem i lipcem oraz bardzo suchą jesienią. Drugi rok badań (2013) był najsuchszym na przestrzeni trwania doświadczenia ale z opadami dość równomiernie rozłożonymi w okresie wegetacji. W trzecim, dość wilgotnym, roku badań (2014) największy niedobór opadów zanotowano w czerwcu, a w lipcu panowały bardzo wysokie temperatury. Nie miało to jednak istotnego wpływu na dość odporną na suszę lucernę, której plantacja znajdowała się w pełni swojego rozwoju. W sierpniu, na skutek bardzo wysokich opadów, uwilgotnienie gleby uległo znacznej poprawie.

W latach 2012 i 2014 określono wybrane właściwości chemiczne gleby (pH w KCl, zawartość P₂O₅, K₂O i Mg). Reprezentatywne próby z warstwy 0–20 cm profilu glebowego, pobierano jesienią, po zbiorze ostatniego odrostu. Analizy wykonano w Stacji Chemiczno-Rolniczej w Poznaniu wg następujących procedur i norm: – pH w KCl PB.63 ed. 7 z dnia 01.09.2010r.; – P₂O₅ – PN-R-04023:1996; – K₂O – PN-R-04022:1996 + Az1:2002; – Mg – PN-R-04020:1994 + Az1:2004.

Ponieważ ideą stosowania nawozów o charakterze kondycjonerów glebowych jest zwiększenie żyzności gleby, między innymi poprzez stymulację jej

aktywności mikrobiologicznej, przeprowadzono analizy liczebności wybranych grup mikroorganizmów glebowych oraz aktywności enzymów najlepiej charakteryzujących żyzność gleby. Analizy mikrobiologiczne i enzymatyczne gleby wykonano w latach 2013 i 2014 przed zbiorami kolejnych odrostów lucerny, które przypadały odpowiednio: 20 i 19 maja (I odrost), 17 i 14 lipca (II odrost) oraz 23 i 22 września (III odrost). Glebę pobierano z warstwy 0–20 cm profilu glebowego przy pomocy świdra strunowego. Badania laboratoryjne z tego zakresu wykonano w Katedrze Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Objęto nimi liczebności wybranych grup ekologicznych i taksonomicznych drobnoustrojów glebowych oraz aktywność enzymatyczną gleby.

Liczebności drobnoustrojów określano metodą płytek lanych:

- ogólną ilość bakterii (CFU g⁻¹s.m. gleby) oznaczano po 5 dniach inkubacji w temperaturze 28°C na podłożu Merck – 101621 standard count agar (MERCK – POLSKA, 2004),
- grzyby oznaczano na podłożu Martina (MARTIN, 1950) po 5 dniach inkubacji w temperaturze 24°C,
- promieniowce oznaczano na pożywce wg. Poschona, po 5 dniach inkubacji w temperaturze 25°C (KAŃSKA i WSP., 2001),
- mikroorganizmy koptotroficzne liczone na podłożu BO (bulion odżywczy), po siedmiu dniach inkubacji w temperaturze 28°C (HATTORI i HATTORI, 1980),
- mikroorganizmy oligotroficzne liczone na podłożu RBO (rozcieńczony bulion odżywczy) po 14 dniach inkubacji w temperaturze 28°C (HATTORI i HATTORI, 1980).

Aktywność enzymatyczną gleby określano na podstawie oznaczeń aktywności dehydrogenaz (DHA) oraz fosfatazy kwaśnej (PHOS-H) i zasadowej (PHOS-OH). Aktywności dehydrogenaz (DHA) oznaczano metodą kolorymetryczną, stosując jako substrat 1% TTC (2,3,5 – trifenyloctetrazoliowy chlorek), po 24-godzinnej inkubacji w temperaturze 30°C, przy długości fal 485 nm i wyrażano w $\mu\text{mol TPF kg}^{-1} 24\text{h}^{-1}$ s.m. gleby (THALMANN, 1968). Aktywności fosfataz (alkalicznej i kwaśnej) oznaczano metodą TABATABEI i BREMNERA (1969) z zastosowaniem jako substratu pNPP (p-nitrofenylofosforanu), po 1-godzinnej inkubacji w temperaturze 37°C, przy długości fali 400 nm i wyrażano w $\mu\text{mol pNP g}^{-1} \text{h}^{-1}$ s.m. gleby.

Opracowanie statystyczne i graficzne uzyskanych wyników wykonano przy wykorzystaniu programów Statistica oraz MS Excel. Przeprowadzono analizę wariancji, a zróżnicowanie średnich zweryfikowano za pomocą testu Tukey'a przy poziomie istotności $p = 0,05$.

Tabela 1. Warunki pogodowe w okresie wegetacji w RGD Brody w latach 2012–2014
 Table 1. Weather conditions during the vegetation period in RGD Brody in the years 2012–2014

Miesiąc Month	Średnia temperatura powietrza (°C) Average air temperature (°C)			Suma opadów (mm) Total rainfall (mm)		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
IV	8,8	8,0	10,5	22,9	15,4	46,3
V	14,8	14,4	13,1	77,2	69,8	73,5
VI	16,0	17,3	16,1	163,0	125,3	42,0
VII	19,2	20,1	21,5	197,6	67,3	83,1
VIII	18,7	19,1	17,3	60,1	51,5	137,2
IX	15,0	12,9	15,4	0,8	33,7	64,8
X	8,8	10,3	10,9	0,9	10,9	39,8
Średnia roczna Annual average	9,3	8,9	10,1	–	–	–
Suma roczna Annual amount	–	–	–	710,6	496,0	632,5

3. Wyniki

W tabeli 2 przedstawiono wpływ sposobów nawożenia na właściwości chemiczne gleby (odczyn i zawartości podstawowych makroelementów – fosforu, potasu i magnezu). Jesienią w pierwszym roku zaobserwowano niewielki wpływ polepszaczy na zwiększenie pH gleby w porównaniu z kontrolą i nawożeniem PK. Po upływie dwóch lat różnice były już bardzo wyraźne. Na obiekcie nawożonym tylko tradycyjnymi nawozami mineralnymi odczyn zmniejszył się do pH 5,5

Tabela 2. Wpływ stosowania polepszaczy glebowych i nawozów mineralnych na odczyn i zawartość składników pokarmowych w glebie (mg 100g gleby)
 Table 2. Influence of soil improvers and fertilizers on pH and nutrient content in the soil (mg 100g of soil)

Kombinacja doświadczalna Experimental treatment	Rok – Year 2012				Rok – Year 2014			
	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Nawożenie PK Fertilization PK	5,8	53,5	43,1	4,2	5,5	57,0	45,3	4,0
Physio-Mescal G 18	6,0	51,0	42,6	4,6	6,3	55,8	44,2	4,8
Physiomax 975	6,1	52,8	41,8	4,4	6,5	56,5	43,7	4,5
Kontrola Control	5,8	47,5	31,4	4,0	5,8	46,2	33,1	3,6

a w przypadku polepszacza Physiomax 975 wzrósł aż do 6,5. Taka różnica może mieć wpływ na wzrost i rozwój lucerny, rośliny wymagającej wysokiego pH, oraz na aktywność mikrobiologiczną gleby, w tym bakterii brodawkowych. Należy założyć, że w kolejnych latach systematycznego stosowania wpływ polepszacza na podniesienie odczynu gleby będzie się utrzymywał.

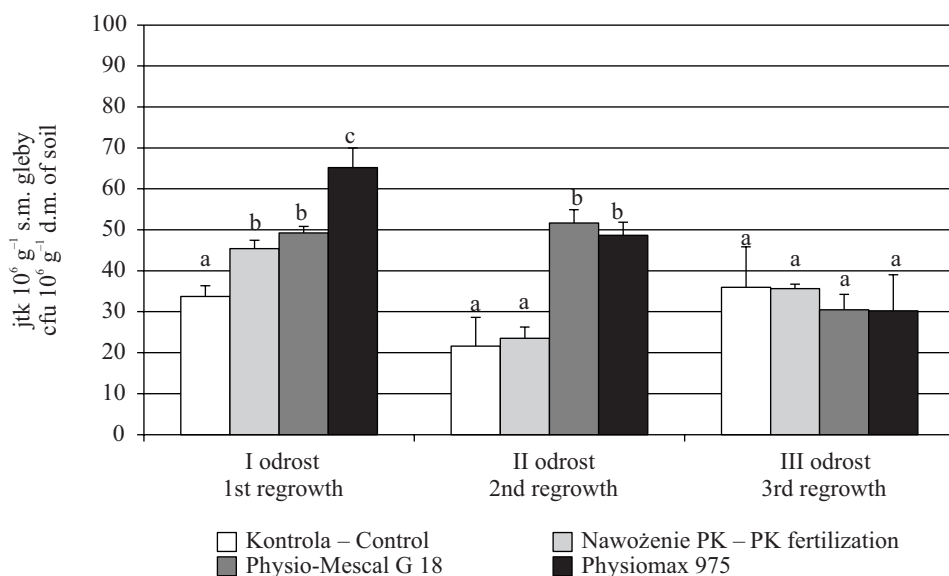
Zawartość fosforu i potasu w glebie nawożonej nawozami mineralnymi i polepszczaźami była większa niż w kontroli, przy czym najwyższe wartości odnotowano w warunkach nawożenia fosforowo-potasowego. Większą zawartość fosforu w glebie stwierdzono przy zastosowaniu Physiomax 975. Natomiast stosowanie Physio-Mescal G 18 przyczyniło się do większej zawartości potasu. Stosowanie polepszczaży zwłaszcza Physio-Mescal G 18 wpłynęło również na wzrost zawartości magnezu w glebie.

Uzyskane wyniki badań wykazały, a przeprowadzona analiza wariancji potwierdziła, że wpływ badanych sposobów nawożenia na charakterystykę mikrobiologiczną i enzymatyczną gleby był niezależny od roku użytkowania lucerny (mimo zróżnicowanych warunków pogodowych). Jednocześnie stwierdzono interakcję pomiędzy sposobami nawożenia a kolejnymi odrostami lucerny, dlatego wyniki przedstawiono w postaci średnich dla odrostów (ryc. 1–8).

Wpływ zastosowanych sposobów nawożenia na liczebność badanych grup drobnoustrojów glebowych przedstawiono na rycinach 1–5 oraz w tabeli 3. Ogólna liczebność bakterii we wszystkich odrostach kształtowała się na dość wyrównanym poziomie (ryc.1). W dwóch pierwszych odrostach stwierdzono wyraźny wpływ nawożenia na ogólną liczebność bakterii w porównaniu z kontrolą, przy czym w pierwszym odroście był on statystycznie istotny w odniesieniu do wszystkich sposobów nawożenia, a zwłaszcza polepszacza Physiomax 975. W drugim odroście ogólna liczebność bakterii była istotnie wyższa na tych obiektach, na których zastosowano polepszczaże glebowe Physio-Mescal G 18 i Physiomax 975 w porównaniu z nawożeniem mineralnym fosforowo-potasowym, którego efekt nie różnił się istotnie od kontroli. W trzecim odroście wpływ nawożenia na ogólną liczebność bakterii był w ogóle statystycznie nieistotny.

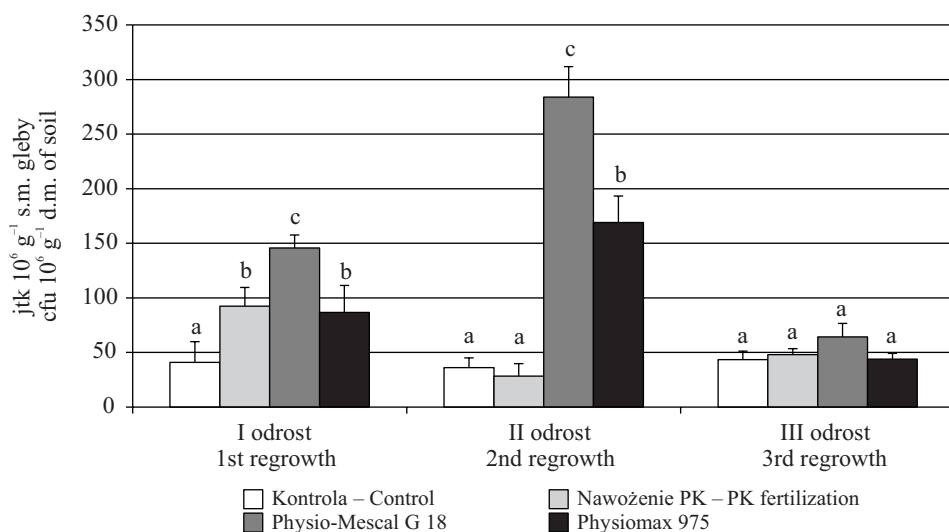
Tendencja zmian liczebności oligotrofów (ryc. 2), czyli zasadniczej grupy bakterii glebowych, była bardzo podobna jak ogólnej liczby bakterii. W pierwszym odroście ich liczebność była wyraźnie wyższa na obiektach nawożonych, zwłaszcza polepszczaźem Physiomax 975. Największą liczebność oligotrofów odnotowano w drugim odroście po zastosowaniu polepszczaży Physio-Mescal G 18 i Physiomax 975 (odpowiednio 284 i 169 jtk 10^5g^{-1} s.m. gleby), podczas gdy w pozostałych wariantach nawozowych liczebność ta była istotnie mniejsza. W trzecim odroście różnice pomiędzy obiektami były niewielkie i statystycznie nieistotne.

Kopiotrofy reagowały na zastosowane sposoby nawożenia inaczej niż pozostałe grupy bakterii. W drugim i trzecim odroście ich liczebność była bardzo wy-



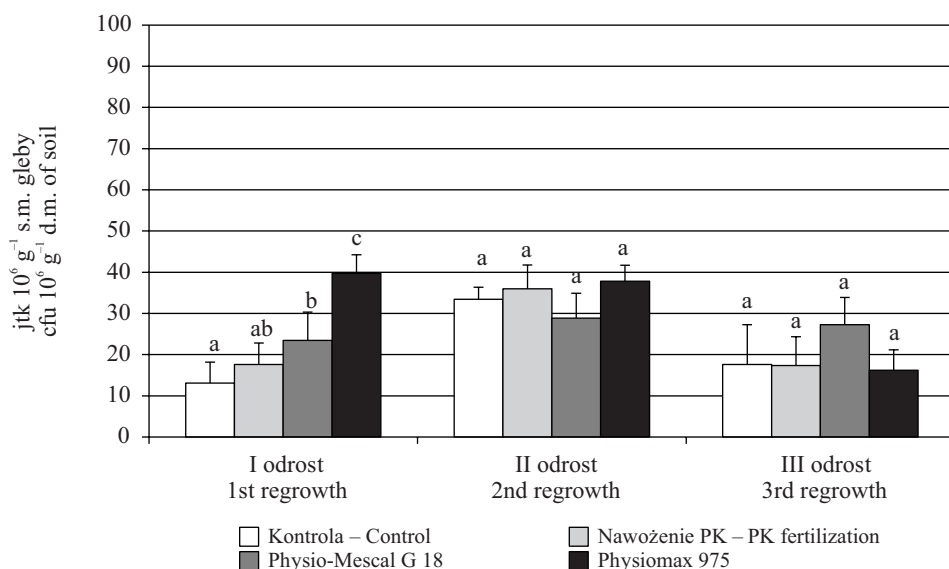
Rycina 1. Liczebność ogólnej liczby bakterii w glebie pod lucerną siewną w okresie wegetacji (średnie z lat 2013–2014)

Figure 1. Number of total bacteria in soil under alfalfa during the vegetation period (mean of 2013–2014)



Rycina 2. Liczebność oligotrofów w glebie pod lucerną siewną w okresie wegetacji (średnie z lat 2013–2014)

Figure 2. Number of oligotrophic bacteria in soil under alfalfa during the vegetation period (mean of 2013–2014)



Rycina 3. Liczebność koptiotrofów w glebie pod lucerną siewną w okresie wegetacji (średnie z lat 2013–2014)

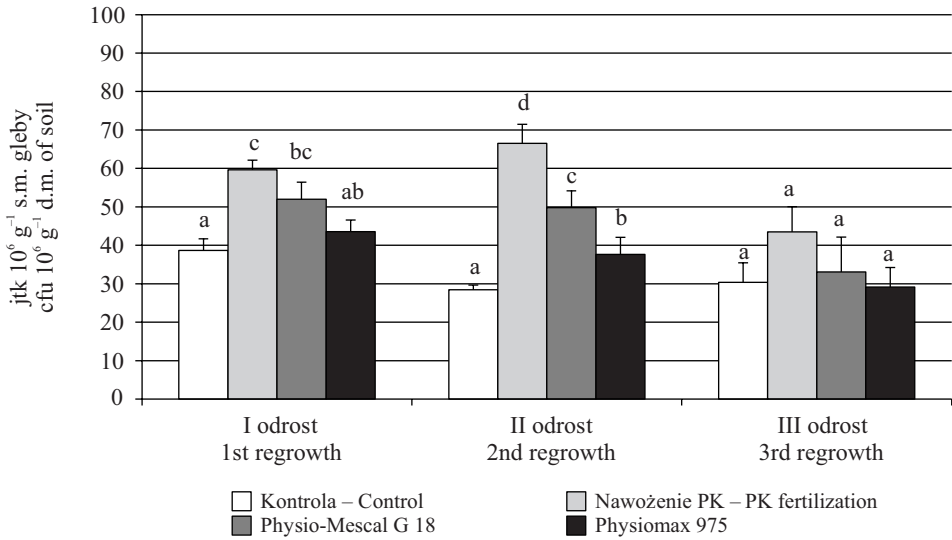
Figure 3. Number of copiotrophic bacteria in soil under alfalfa during the vegetation period (mean of 2013–2014)

równana, niezależnie od nawożenia, a różnice pomiędzy obiektami doświadczalnymi były statystycznie nieistotne. Natomiast w pierwszym odroście najmniej koptiotrofów stwierdzono w kontroli, a najwięcej na obiektach nawożonych poprawszaczami glebowymi, zwłaszcza preparatem Physiomax 975.

Tabela 3. Stosunek oligotrofów do koptiotrofów w glebie pod lucerną siewną na przestrzeni okresu wegetacji (średnie z lat 2013–2014)

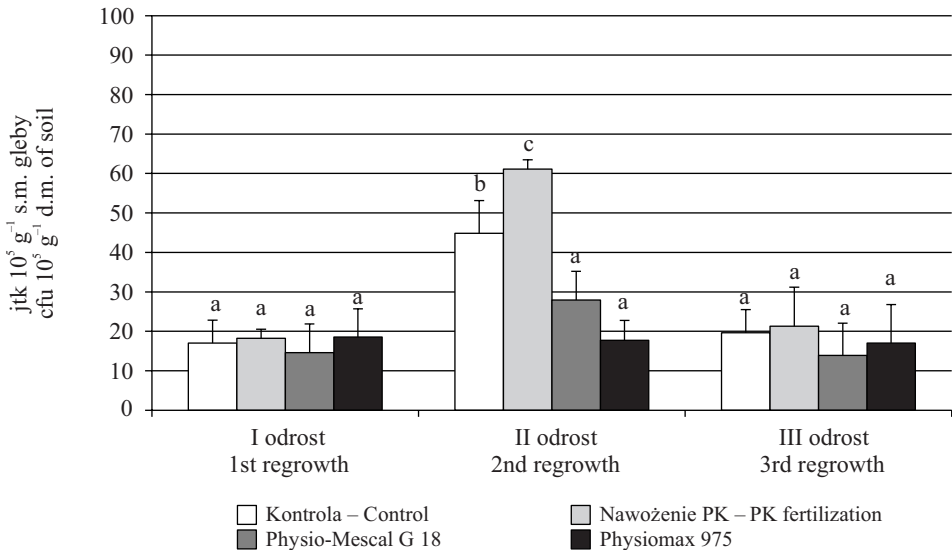
Table 3. Ratio of oligotrophs to copiotrophs in soil under alfalfa in soil under alfalfa the vegetation period (mean of 2013–2014)

Kombinacja doświadczalna Experimental combination	Odrost Regrowth		
	I pokos 1 st cut	II pokos 2 nd cut	III pokos 3 rd cut
Kontrola Control	3,1	1,1	2,4
Nawożenie Fertilization PK	5,3	0,8	2,8
Physio-Mescal G 18	6,2	12,4	2,4
Physiomax 975	1,2	4,5	2,7



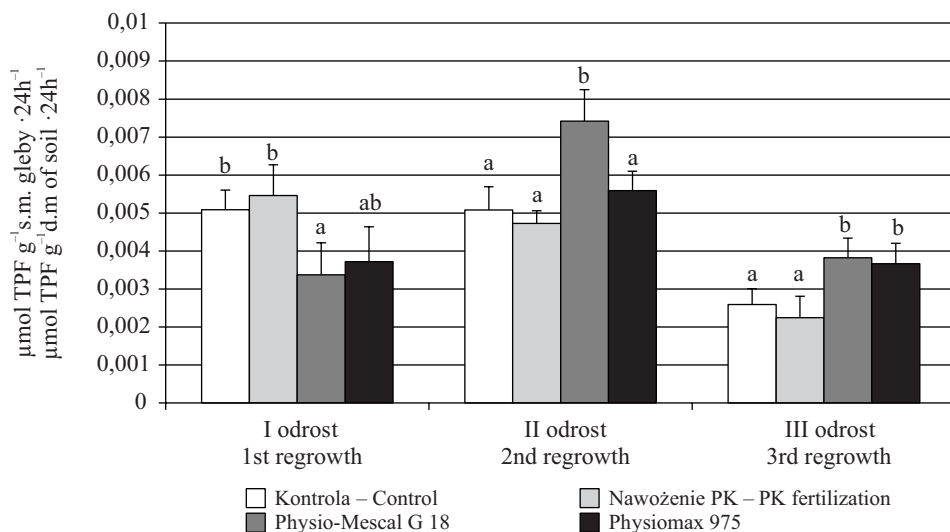
Rycina 4. Liczebność promieniowców w glebie pod lucerną siewną w okresie wegetacji (średnie z lat 2013–2014)

Figure 4. Number of actinomycetes in soil under alfalfa during the vegetation period (mean of 2013–2014)



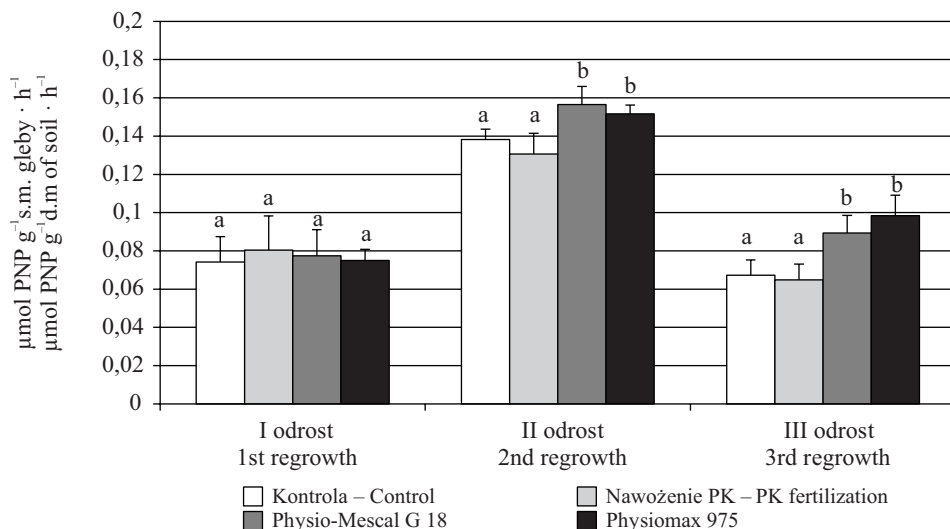
Rycina 5. Liczebność grzybów w glebie pod lucerną siewną w okresie wegetacji (średnia z lat 2013–2014)

Figure 5. Number of fungi in soil under alfalfa during the vegetation period (mean of 2013–2014)



Rycina 6. Aktywność dehydrogenaz w glebie pod lucerną siewną w okresie wegetacji (średnie z lat 2013–2014)

Figure 6. The activity of dehydrogenases in soil under alfalfa during the vegetation period (mean of 2013–2014)



Rycina 7. Aktywność fosfatazy kwaśnej w glebie pod lucerną siewną w okresie wegetacji (średnia z lat 2013–2014)

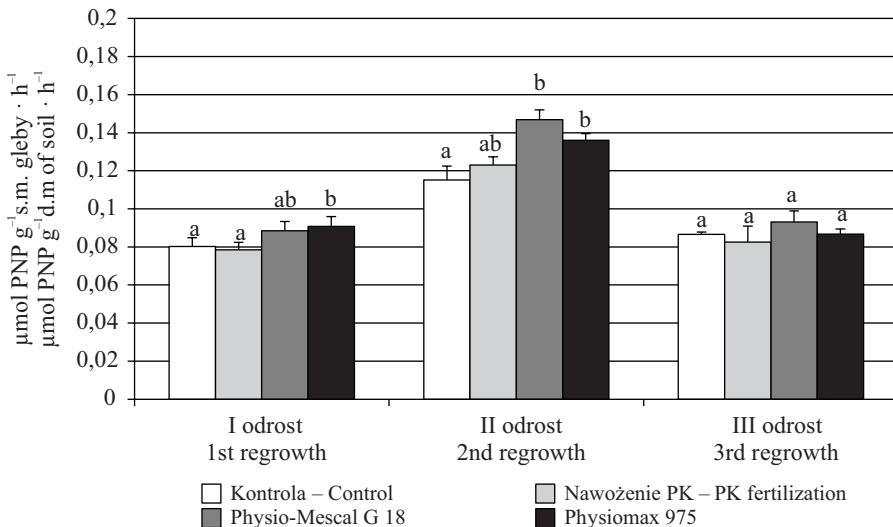
Figure 7. Changes in the activity of acid phosphatase in soil under alfalfa during the vegetation period (mean of 2013–2014)

Liczebność promieniowców (ryc. 4) była w każdym odroście największa w glebie nawożonej samym fosforem i potasem, nieco mniejsza na obiektach z Physio-Mescal G18 i Physiomax 975, a najniższa w glebie nienawożonej (kontrola). Statystyczną istotność tych różnic wykazano w I i II odroście.

Zastosowane sposoby nawożenia miały niewielki wpływ na liczebność grzybów (ryc. 5), a różnice pomiędzy obiektami doświadczalnymi były, za wyjątkiem II odrostu, niewielkie i statystycznie nieistotne. W II odroście największą liczebność grzybów wykazano w glebie nawożonej samym fosforem i potasem, z kolei w glebie, w której stosowano polepszacze liczebność grzybów była niższa niż w kontroli.

Wyniki badań z zakresu aktywności enzymów glebowych – dehydrogenaz oraz fosfatazy kwaśnej i fosfatazy zasadowej, przedstawiono na rycinach 6–8. Aktywność dehydrogenaz (ryc. 6) trudno zinterpretować z wpływem poszczególnych sposobów nawożenia. W I odroście była ona istotnie najwyższa w glebie obiektu kontrolnego i nawożonego samym fosforem i potasem, podczas gdy w II i w III odroście największą aktywność enzym ten wykazywał na obiektach, na których stosowano polepszacze Physio-Mescal G 18 i Physiomax 975.

Rozkład aktywności fosfataz – kwaśnej i zasadowej, tak w odniesieniu do poszczególnych odrostów, jak i sposobów nawożenia, był bardzo podobny (ryc. 7–8). W II odroście aktywność obu tych enzymów była zdecydowanie wyższa niż



Rycina 8. Aktywność fosfatazy zasadowej w glebie pod lucerną siewną w okresie wegetacji (średnie z lat 2013–2014)

Figure 8. Changes in the activity of alkaline phosphatase in soil under alfalfa during the vegetation period (mean of 2013–2014)

w I i III. Aktywność fosfatazy kwaśnej (ryc. 7), w II i w III odroście była nieco wyższa w glebie z zastosowaniem polepszaczy. W przypadku fosfatazy zasadowej (ryc. 8) stwierdzono tę samą zależność jednak statystyczną istotność różnic wykazano tylko w II odroście lucerny.

4. Dyskusja

Oddziaływanie polepszaczy glebowych jest według autorów wielopłaszczyznowe. Pełnią one zarówno funkcję nawozową, dostarczając do gleby makro- i mikroelementy ale ich rolą jest też pośrednie, jak i bezpośrednie zwiększanie aktywności mikrobiologicznej gleby.

Korzystny wpływ stosowania polepszaczy glebowych na rozwój i plonowanie różnych gatunków oraz na właściwości biologiczne gleby w swoich badaniach odnotowali: SOSNOWSKI i JANKOWSKI (2010), SULEWSKA i WSP. (2009), WOJTALA-ŁOZOWSKA i PARYLAK (2010), TRAWCZYŃSKI i BOGDANOWICZ (2007). W literaturze przedmiotu znaleźć można również wiele opinii wskazujących na minimalny lub całkowity brak efektu stosowania użyźniaczy i polepszaczy glebowych w uprawach polowych, a więc podważających ich przydatność, szczególnie w warunkach intensywnego rolnictwa i dużej żyzności gleb (np.: MARTYNIUK i KSIĘŻAK, 2011; SWĘDRZYŃSKA i WSP., 2013).

Analizując wpływ badanych polepszaczy glebowych na poprawę właściwości chemicznych gleby i jej aktywność stwierdzono pozytywne efekty ich stosowania, przejawiające się wzrostem zawartości magnezu w glebie i zwiększeniem jej odczynu. W tym samym czasie na obiektach nawożonych samym fosforem i potasem odczyn gleby obniżył się do pH 5,5. Należy zauważyć, że tradycyjne wapnowanie, które jest tańsze niż stosowanie polepszaczy, przeprowadza się zwykle co 4 lata, stosując wysokie dawki wapnia. Oddziaływanie na środowisko glebowe jest wówczas nie zawsze jednoznacznie korzystne gdyż, zwłaszcza na glebach lżejszych, może nastąpić silne i gwałtowne modyfikowanie właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych gleby (HOŁUBOWICZ-KLIZA, 2006). Tymczasem wapń stosowany w postaci polepszaczy wprowadzany jest do gleby corocznie, w mniejszych dawkach, przez co jego oddziaływanie na środowisko glebowe jest mniej radykalne i cały czas utrzymywana jest wysoka kultura biologiczna gleby, czemu ma sprzyjać także kompleks Physio+ będący wyciągiem z alg morskich, bogatym w polipeptydy i węglowodany, które w połączeniu z siarką i azotem, mają za zadanie stymulowanie aktywności mikrobiologicznej gleby. .

Pewnych przesłanek potwierdzających powyższe stwierdzenie, choć nie zawsze jednoznacznych, dostarcza przeprowadzona analiza stanu mikrobiolo-

gicznego i aktywności enzymatycznej gleby. Liczebność i aktywność mikroorganizmów glebowych uwarunkowane są wieloma czynnikami. Jednak głównym jest dostępność materii organicznej. Skład mikroorganizmów może być istotnym wyznacznikiem dostępności materii organicznej w glebie oraz tempa jej rozkładu i obiegu składników pokarmowych (BADURA, 2004; KOBUS, 1995). W niniejszym doświadczeniu nawożenie mogło być czynnikiem pośrednio modyfikującym ilość materii organicznej w glebie poprzez stymulowanie przyrostów biomasy lucerny, której obumierające tkanki organów podziemnych i nadziemnych trafiały do gleby. Jednak w odniesieniu do większości analizowanych wskaźników biologicznych wpływ nawożenia na ich natężenie był niejednoznaczny i nieregularny.

Wpływ polepszaczy na liczebność drobnoustrojów glebowych, w porównaniu z tradycyjnym nawożeniem mineralnym, był szczególnie silnie zauważalny w drugim odroście lucerny, a najslabiej w trzecim. Najwyraźniejszy pozytywny wpływ badanych polepszaczy zaobserwowano w odniesieniu do ogólnej liczebności bakterii i zachowujących się podobnie bakterii oligotroficznych, a w mniejszym stopniu (tylko w I odroście) także do bakterii kopiotroficznych. Wzrost liczebności bakterii jest jednym z lepszych wskaźników aktywności mikrobiologicznej gleby. Przeważającą część zespołów bakterii zasiedlających glebę, tj. 80–85% ogólnej ich liczebności stanowią oligotrofy. Organizmy te materię organiczną przetwarzają oszczędnie i bytują w środowisku o niskiej dostępności związków pokarmowych (OHTA i HATTORI, 1980; WEYMAN-KACZMARKOWA, 1996), co nie oznacza, że ich duży udział w glebie świadczy o jej małej żyzności (PAUL i CLARK, 2000). Kopiotrofy z kolei reagują zwiększeniem liczebności na dopływ materii organicznej (LIBUDZISZ i WSP., 2007). Stosowanie polepszaczy przyczyniło się najwyraźniej do wysokiego stosunku oligotrofów do kopiotrofów. Wzrost dominacji bakterii oligotroficznych nad kopiotroficznymi, wykazany w glebach różnie nawożonych, ze względu na ekonomiczne przetwarzanie substratu energetycznego przez oligotrofy ma istotne znaczenie dla utrzymania materii organicznej w glebie. Zdaniem WEYMAN-KACZMARKOWEJ i PĘDZIWIŁK (1996) dominacja ta jest niezbędna dla zachowania stałego poziomu glebowej materii organicznej i świadczy o zachowaniu równowagi biologicznej gleby.

Grupą drobnoustrojów reagującą najwyraźniej i najbardziej jednoznacznie na wszelkie formy nawożenia były promieniowce, których liczebność w każdym odroście była najwyższa na obiektach nawożonych P i K, a najniższa w kombinacji kontrolnej. Zdaniem SZEMBERA (2001), jak i SCHERY i TARRKA (2008), promieniowce, które są mikroorganizmami powszechnie występującymi w glebach rolniczych, swoją liczebnością silnie zaświadcza o ich żyzności. Dzięki produkcji różnych enzymów (celulaz, chitynaz, ksylanaz) uczestniczą w roz-

kładzie szczątków roślinnych i zwierzęcych oraz grzybów (KUCHARSKI i WSP., 2015; MARCINOWSKA, 2002).

Wzrost odczynu gleby spowodowany stosowaniem polepszaczy był zapewne przyczyną najmniejszej liczebności grzybów w glebie nawożonej polepszaczami, co szczególnie silnie było widoczne w drugim odroście. Ponadto liczebność grzybów najslabiej reagowała na stosowane sposoby nawożenia – w pierwszym i trzecim odroście różnice były minimalne i statystycznie nieistotne. Zjawisko podobne zaobserwowali również w swoich badaniach HATTORI i HATTORI (1980), wykazując, że grzyby równie dobrze mogą rozwijać się w środowisku o małej, jak i dużej zawartości związków pokarmowych.

Intensywność procesów biologicznych w glebie określano również analizując jej aktywność enzymatyczną. Uwzględniono w tej analizie enzymy należące do klasy oksydoreduktaz czyli dehydrogenazy oraz hydrolaz – fosfatazy: kwaśna i zasadowa.

Najwyższe aktywności wszystkich analizowanych enzymów obserwowano w warunkach stosowania polepszaczy Physio-Mescal G 18 i Physiomax 975. Zanotowane różnice były niewielkie ale zwykle istotne statystycznie i powtarzające się przynajmniej w dwóch z badanych terminów, co jest bardzo istotną przesłanką świadcząca o korzystnym oddziaływaniu tych preparatów na aktywność biologiczną gleby. Jedynie aktywności dehydrogenaz w pierwszym terminie w glebie, w której stosowano polepszacze była mniejsza w porównaniu z tradycyjnym nawożeniem mineralnym i kontrolą. Trudna do zinterpretowania jest natomiast większa aktywność fosfatazy kwaśnej w kombinacjach z polepszaczami, gdyż wapnowanie na ogół zwiększa aktywność fosfatazy zasadowej, a zmniejsza aktywność fosfatazy kwaśnej (KUZIEMSKA i WSP., 2014).

Dehydrogenazy są wyłącznie pochodzenia mikrobiologicznego, występują w glebie jako integralna część nienaruszonych komórek, ich aktywność jest wskaźnikiem intensywności metabolizmu oddechowego mikroorganizmów glebowych, głównie bakterii i promieniowców. Uznawane są również za pośredni wskaźnik liczebności i aktywności mikroorganizmów w glebie, a tym samym za wskaźnik określający całkowitą aktywność mikrobiologiczną gleby i jej żyźność, ale także natlenienie (BIELIŃSKA i WSP., 2014; BRZEZIŃSKA i WSP., 1998; KUCHARSKI i WSP., 2015; PIOTROWSKA-CYPLIK i WSP., 2007; PRAVEEN i TARAFDAR, 2003). Natomiast fosfatazy, jako enzymy zewnątrzkomórkowe, katalizujące reakcje odczepiania reszty fosforanowej od związków organicznych, ich aktywność jest silnie uzależniona od ilości materii organicznej w glebie a zmiany tej aktywności są najwcześniejszym sygnałem zmian intensywności procesów życiowych w środowisku glebowym (BIELIŃSKA, 2005; CORSTANJE i REDDY, 2006).

5. Podsumowanie

Trzyletni okres stosowania Physio-Mescal G 18 i Physiomax 975, w porównaniu z nawożeniem P i K, spowodował nieznaczny wzrost zawartości magnezu w glebie i wyraźne zwiększenie jej odczynu. Wzrost odczynu oraz wprowadzony do gleby wraz z polepszaczami ich aktywny składnik – Physio+ były zapewne ważnymi czynnikami decydującymi o niewielkim, lecz potwierdzonym analizą statystyczną, wpływie polepszaczy na liczebność drobnoustrojów glebowych oraz na aktywność enzymatyczną gleby.

Z uwagi na bardzo subtelne oddziaływanie analizowanych polepszaczy na środowisko glebowe pełnej oceny efektywności ich stosowania w uprawach dostarczyć może dopiero wieloletnia analiza zależności w układzie: nawożenie-roślina-środowisko glebowe-ekonomia.

Literatura

- BADURA L., 2004. Czy znamy wszystkie uwarunkowania funkcji mikroorganizmów w ekosystemach lądowych? *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*, 53 (264–265), 373–379.
- BIELIŃSKA E., 2005. Oznaczanie aktywności fosfataz. *Acta Agrophysica, Rozprawy i Monografie*, 3, 63–74.
- BIELIŃSKA E.J., FUTA B., MOCEK- PŁÓCINIAK A., 2014. Enzymy glebowe jako bioindykatory jakości i zdrowotności gleby. Monografia naukowa, Lublin.
- BRZEZIŃSKA M., STĘPNIEWSKA M., STĘPNIEWSKI W., 1998. Soil oxygen status and dehydrogenase activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 30, 1783–1790.
- CORSTANJE R., REDDY K.R., 2006. Microbial indicators of nutrient enrichment. *Soil Science Society of America Journal*, 70, 1652–1661.
- GRZEBISZ W., GOLIŃSKI P., POTARZYCKI J., 2014. Nawożenie użytków zielonych. Powszechnie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- HATTORI R., HATTORI T., 1980. Sensitivity to salts and organic compounds of soil bacteria isolated on diluted media. *Journal of General and Applied Microbiology*, 26, 1.
- HOŁUBOWICZ-KLIZA G., 2006. Wapnowanie gleb w Polsce. Instrukcja upowszechnienia nr 128. IUNG-PIB, Puławy.
- KAŃSKA Z., GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA A., ŁEBKOWSKA M., ŻECHOWSKA E., 2001. Ćwiczenia laboratoryjne z biologii sanitarnej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa.
- KOBUS J., 1995. Biologiczne procesy a kształtowanie żyzności gleby. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 421, 209–219.
- KUCHARSKI J., BARABASZ W., BIELIŃSKA E.J., WYSZKOWSKA J., 2015. Właściwości biologiczne i biochemiczne gleby. Rozdział w: *Gleboznawstwo*. Red. Andrzej Mocek. Wydawnictwo Naukowe PWN S.A., Warszawa.
- KUZIEMSKA B., KALEMBASA S., KALEMBASA D., 2014. Wpływ wapnowania i materii organicznej na aktywność fosfataz w glebie zanieczyszczonej niklem. *Inżynieria Ekologiczna*, 37, 117–127.

- LIBUDZISZ Z., KOWAL K., ŻAKOWSKA Z., 2007. Mikrobiologia techniczna. Mikroorganizmy i środowiska ich występowania. Tom 1. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- MARCINOWSKA K., 2002. Charakterystyka, występowanie i znaczenie promieniowców w przyrodzie, W: Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach, (red. W. Barabas). Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Krakowie, Kraków, 121.
- MARSCHNER P., 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Elsevier Ltd., Amsterdam, The Netherlands, 651.
- MARTIN J.P., 1950. Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Science*, 69, 215.
- MARTYNIUK S., KSIĘŻAK J., 2011. Ocena pseudomikrobiologicznych biopreparatów stosowanych w uprawie roślin. *Polish Journal of Agronomy*, 6, 27–33.
- MERCK-POLSKA. 101621 STANDARD COUNT agar for microbiology, 1, 2004.
- OBIDZINSKI K., ADRIANI R., KOMARUDIN H., ADRIANTO A., 2012. Environmental and social impacts of oil palm plantations and their implications for biofuel production in Indonesia. *Ecology and Society*, 17, 1, 1–19.
- OTHA H., HATTORI T., 1980. Bacteria sensitive to nutrient broth medium in terrestrial environments. *Soil Science and Plant Nutrition*, 26, 14,
- PAUL E.A., CLARK F.E., 2000. Mikrobiologia i biochemia gleb. Wydawnictwo UMCS, Lublin.
- PIOTROWSKA-CYPLIK A., CYPLIK P., CZARNECKI Z., 2007. Measurement of dehydrogenase activity and traditional method of microorganisms count estimation as indicators of microorganisms activity in compost from municipal sewage sludge. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 52 (4), 22–26.
- PRAVEEN K., TARAFDAR J.C., 2003. 2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride (TTC) as a electron acceptor of culturable soil bacteria, fungi and actinomycetes. *Biology and Fertility of Soils*, 38, 186–189.
- SCHERY S. D., TARKKA M.T., 2008. Friends and foes: streptomycetes as modulators of plant disease and symbiosis. *Antonie van Leeuwenhoek*, 94, 11.
- SOSNOWSKI J., JANKOWSKI K., 2010. Wpływ użyźniacza glebowego na skład florystyczny i plonowanie mieszanek kostrzycy Brauna z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową. *Łąkarstwo w Polsce*, 13, 157–166.
- SULEWSKA H., SZYMAŃSKA G., Pecio A., 2009. Ocena efektów stosowania użyźniacza glebowego UGmax w uprawie kukurydzy na ziarno i kiszonkę. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 54 (4), 120–125.
- SWĘDRZYŃSKA D., ZIELEWICZ W., PRZYBYŁ P., 2013. Wpływ biokondycjonera glebowego na stan mikrobiologiczny i aktywność enzymatyczną gleby pod uprawą życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) *Łąkarstwo w Polsce*, 16, 111–128.
- SZEMBER A., 2001. Zarys mikrobiologii rolniczej. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, Lublin.
- TABATABEI M.A., BREMNER J., 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology & Biochemistry*, 1, 301.
- TILMAN D., CASSMAN C.G., MATSON P.A., ROSAMOND NAYLOR R., POLASKY S., 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671–677.
- THALMANN A., 1968. Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenase Aktivität in Boden Mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirtschaftliche Forschung*, 21, 249.
- TRAWCZYŃSKI C., BOGDANOWICZ P., 2007. Wykorzystanie użyźniacza glebowego w aspekcie ekologicznej uprawy ziemniaka. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 52 (4), 9–97.

- WEYMAN-KACZMARKOWA W., 1996. Interdependencies between oligotrophic and copiotrophic bacteria in soils of different mechanical structure. *Polish Journal of Soil Science*, 29(1), 65–72.
- WEYMAN-KACZMARKOWA W., PĘDZIWIŁK Z., 1996. Humidity conditions and the occurrence of actinomycetes and their fungistatic forms in soils of contrasting texture. *Acta Microbiologica Polonica*, 45 (3/4), 85 [in Polish].
- WOJTALA-ŁOZOWSKA L., PRYLAK D., 2010. Porażenie pszenicy ozimej przez choroby podszkowe w zależności od przedplonu, zastosowania użyźniacza glebowego i materiału siewnego. *Progress in Plant Protection/Postępy Ochrony Roślin*, 50 (4), 2057–2064.

The effect of soil improvers used in the cultivation of *Medicago sativa* on selected chemical and biological properties of soil

D. SWĘDRZYŃSKA¹, W. ZIELEWICZ², A. SWĘDRZYŃSKI², K. GŁUCHOWSKA¹,
A. WOLNA-MARUWKA¹

¹*Department of General and Environmental Microbiology, Poznań University of Life Sciences*

²*Department of Grassland and Natural Landscape Sciences, Poznań University of Life Sciences*

Summary

The aim of the study was to determine the effect of selected calcium-based soil improvers (Physio-Mescal G 18 and Physiomax 975) applied to field-grown alfalfa (*Fraver*) on the chemical properties of soil and its microbiological characteristics and enzymatic activity. The research was conducted between 2012 and 2014. The experiment was conducted at Brody Experimental Farm, owned by the Poznań University of Life Sciences. The use of improvers was supplemented by potassium fertilisation. Fertilisation with Physiomax 975 was also supplemented by phosphorus fertilisation. Conventional phosphorus-potassium fertilisation was used as the reference. The following elements were analysed: the content of absorbable forms of phosphorus, potassium and magnesium in soil and its pH, total number of total bacteria, fungi, actinomycetes, copiotrophs and oligotrophs as well as the activity of soil enzymes (dehydrogenases, acid phosphatase and alkaline phosphatase). The research revealed that the application of the improvers noticeably increased the soil pH and the content of magnesium (especially Physio-Mescal G 18) both in comparison with the reference combination and conventional phosphorus-potassium fertilisation. The influence of the improvers on the microbial and enzymatic properties of soil was equivocal and it varied in individual regrowths of alfalfa. However, in general we can conclude that the soil improvers under analysis increased the number of total bacteria and oligotrophs and they increased the enzymatic activity of soil, as compared with phosphorus-potassium fertilisation and with the reference combination. The count of fungi and actinomycetes was the greatest when conventional phosphorus-potassium fertilisation was applied.

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Dr Dorota Swędrzyńska

Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ul. Szydlowska 50, 60-656 Poznań

tel. 61 846 67 22

e-mail: dorotas@up.poznan.pl