

Wpływ biokondycjonera glebowego na stan mikrobiologiczny i aktywność enzymatyczną gleby pod uprawą *Lolium perenne*

D. SWĘDRZYŃSKA¹, W. ZIELEWICZ², P. PRZYBYŁ¹, J. STARZYK¹

¹*Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej, Uniwersytet Przyrodniczy
w Poznaniu*

²*Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego, Uniwersytet Przyrodniczy
w Poznaniu*

The influence of a soil bioconditioner on the microbiological state and enzymatic activity of the soil under *Lolium perenne* plantation

Abstract: The influence of the Soleflor soil bioconditioner on the soil pH, its bioactivity (the population of selected groups of soil microorganisms, the enzymatic activity of the soil), the plant vigour expressed with the SPAD index and the perennial ryegrass sward yield were investigated in a two-year field experiment in a perennial ryegrass plantation. The influence of Soleflor on the soil pH and the population of microorganisms proved to be minimal, ambiguous and statistically insignificant. The preparation was observed to have minimal influence on the increase in the enzymatic activity of soil. A noticeable reaction to fertilisation with the Soleflor preparation was observed in the plants which in both treatments with the Soleflor showed significantly greater vigour and yield than in the control samples.

Key words: acid phosphatase, alkaline phosphatase, dehydrogenases, enzymatic activity of soil, perennial ryegrass, soil microorganisms, Soleflor

1. Wstęp

Uprawa roślin w monokulturze, brak międzyplonów oraz nawożenia obornikiem sprawiają, że różne właściwości chemiczne i biologiczne gleby, decydujące o jej żyzności, ulegają degradacji. Jednym ze sposobów przeciwdziałania temu zjawisku jest stosowanie kondycjonerów i polepszaczy (użyźniaczy) glebowych, nazywanych też bionawozami (GRZYB i WSP., 2012), których oferta rynkowa jest coraz bogatsza. Ich zadaniem jest uaktywnienie mikroflory glebowej, polepszenie mineralizacji materii organicznej oraz przekształcanie trudno dostępnych form składników mineralnych obecnych w glebie, zwłaszcza fosforu i potasu, w związki przyswajalne dla roślin. Takie założenia funkcjonowania wspomnianych preparatów oparte są o ich skład. Wiele z nich zawiera w swoim składzie wapń o dużej aktywności chemicznej, pochodzący ze złóż

morskich oraz rozmaite dodatki organiczne w postaci węgla brunatnego, kwasów humusowych i fulwowych oraz wyciągu z alg morskich. Są też preparaty zawierające szczepionki bakterii lub ekstrakty z kompostów. Działanie użyźniaczy ma polegać na zmniejszeniu zakwaszenia gleby, neutralizacji szkodliwego oddziaływania glinu, aktywizacji flory glebowej i procesów próchnicotwórczych prowadząc do zwiększenia urodzajności gleby (WOJTALA-ŁOZOWSKA i PARYLAK, 2010; NIEWIADOMSKA, 2013). SULEWSKA i WSP. (2009) podają, że mikroorganizmy z badanego przez nich użyźniacza glebowego, wzbogaconego w pożywkę mineralną lepiej rozkładały resztki poźniwne pochodzące ze słomy, obornika czy też nawozów organicznych tworząc próchnicę. Stosowanie użyźniaczy zmniejsza również porażenie roślin przez patogeny (GRZYB i WSP., 2012). Pozytywne efekty stosowania polepszaczy glebowych w uprawianych roślinach odnotowali w swoich badaniach KLAMA i WSP., 2010; TRAWCZYŃSKI i BOGDANOWICZ, 2007; SOSNOWSKI i JANKOWSKI, 2010; WOJTALA-ŁOZOWSKA i PARYLAK, 2010. Spotykane są również odmienne opinie wskazujące na brak efektów stosowania użyźniaczy i polepszaczy glebowych w uprawach polowych lub też podważających ich przydatność do stosowania w rolnictwie (SOSNOWSKI, 2012; MARTYNIUK i KSIEŻAK, 2011; MARTYNIUK, 2011; SWĘDRZYŃSKA i WSP., 2011).

Celem pracy było określenie wpływu biokondycjonera glebowego Soleflor zastosowanego w uprawie życicy trwałej na aktywność mikrobiologiczną i enzymatyczną gleby na tle żywotności roślin i plonów masy nadziemnej.

2. Materiał i metody

Materiał analityczny gleby i roślin pochodził z doświadczenia przeprowadzonego w latach 2012–2013 na polu doświadczalnym Rolniczego Gospodarstwa Doświadczalnego Brody, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Badano wpływ zróżnicowanego sposobu stosowania preparatu Soleflor w zasiewie życicy trwałej na wybrane parametry mikrobiologiczne gleby oraz żywotność i plonowanie życicy.

Zastosowany w doświadczeniu Soleflor jest kondycjonerem gleby, który zawiera węglowodany i polipeptydy, stanowiące źródło węgla istotnego dla aktywności mikroorganizmów glebowych. Ponadto zawiera w swoim składzie azot, siarkę, magnez oraz węglan wapnia Mezocalc z kompleksem Pheoflore, który zwiększa aktywność bakterii występujących w glebie. Dzięki aktywnemu sterowaniu efektywnością mineralizacji pozwala na szybsze i skuteczniejsze udostępnianie roślinom azotu z gleby. Dodatkowo Soleflor optymalizuje gospodarowanie materia organiczną, przyspieszając proces mineralizacji, co wpływa na zwiększenie w istotny sposób ilości dostępnego dla rośliny azotu oraz fosforu.

W doświadczeniu zastosowano następujące kombinacje wynikające z dawek biokondycjonera Soleflor: 1 – brak nawożenia preparatem Soleflor (kontrola); 2 – Soleflor w ilości 300 kg ha⁻¹ podawane co roku, jednorazowo wiosną przed ruszeniem vegetacji; 3 – Soleflor w ilości 600 kg ha⁻¹ z częstotliwością stosowania co dwa lata, wiosną, przed ruszeniem vegetacji (według zaleceń i doświadczeń firmy Timac we Francji). W każdej

kombinacji doświadczalnej zastosowano ponadto nawożenie standardowe w ilości 50 kg N ha⁻¹, 80 kg P ha⁻¹ i 120 kg K ha⁻¹.

Doświadczenie założono w kwietniu 2012 r. na poletkach o pow. 25m², w układzie bloków losowanych, w trzech powtórzeniach. Życicę wysiano w ilości 35 kg ha⁻¹.

Gleba, na której założono doświadczenie to piasek gliniasty lekki, o miąższości poziomu próchnicznego wynoszącej ponad 30 cm, należące do klasy bonitacyjnej IIIb. Charakteryzuje się odczynem bliskim obojętnemu, wysoką zasobnością w fosfor i magnez oraz średnią zawartością potasu (tab. 1).

Tabela 1. Niektóre właściwości fizyczne i chemiczne gleby na polu doświadczalnym w Brodach
Table 1. Some physical and chemical properties of soil at the experimental field in Brody

Zawartość części spławialnych The content of silt (%)	Zawartość próchnicy Humus content (%)	Odczyn Soil pH (pH _{KCl})	Zawartość (mg w 100 g gleby) Content (mg per 100 g of soil)		
			P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
16	1,24	6,98	182,0	234,0	46,5

Przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji przedstawiono w tabeli 2. Wzrost i rozwój roślin życicy trwałej w roku 2012 następował w korzystnych warunkach pogody – przy umiarkowanych średnich temperaturach powietrza i równomiernie rozłożonych opadach. Nieco trudniejsze warunki panowały w sierpniu – średnia dobowa temperatura powietrza 18,7°C i suma miesięcznych opadów 60,1 mm. W kolejnym roku warunki pogodowe latem i jesienią były mniej korzystne dla życicy – wyższe, średnie temperatury powietrza (za wyjątkiem września) i zdecydowanie niższe opady.

Tabela 2. Warunki atmosferyczne w okresie wegetacji w Brodach, panujące w latach 2012 i 2013
Table 2. Weather conditions during the vegetation period of 2012 and 2013 in Brody

Miesiąc Month	Średnia temperatura powietrza (°C) Average air temperature (°C)		Suma opadów (mm) Total rainfall (mm)	
	2012	2013	2012	2013
IV	8,8	8,0	22,9	15,4
V	14,8	14,4	77,2	69,8
VI	16,0	17,3	163,0	125,3
VII	19,2	20,1	197,6	67,3
VIII	18,7	19,1	60,1	51,5
IX	15,0	12,9	0,8	33,7
X	8,8	10,3	0,9	10,9
Średnia temperatura Average temperature	9,25	8,9	–	–
Suma opadów Total rainfall	–	–	710,6	496

Próby gleby do analiz mikrobiologicznych i określenia odczynu pobierano bezpośrednio przed zbiorem odrostu runi z warstwy profilu 0–20 cm.

Liczebności analizowanych grup drobnoustrojów glebowych oznaczano metodą rozcieńczeń płytek lanych wg. Kocha (KRĘGIEL, 2002) na odpowiednich podłożach. Średnią liczbę kolonii przeliczano na suchą masę gleby. Analizowano liczebności następujących grup drobnoustrojów glebowych:

- ogólną ilość bakterii (CFU g⁻¹s.m. gleby) liczono na podłożu Standard po 5 dniach inkubacji w temp 28°C (MERCK-POLSKA, 2004),
- grzyby oznaczano na pożywce MARTINA (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 liczono na podłożu BO (bulion odżywczy), po siedmiu dniach inkubacji w temperaturze 28°C (HATTORI i HATTORI, 1980),
- mikroorganizmy oligotroficzne liczono na podłożu RBO (rozcieńczony bulion odżywczy) po 14 dniach inkubacji w temperaturze 28°C (HATTORI i HATTORI, 1980).

Badania aktywności enzymatycznej gleby opierały się na oznaczeniu aktywności dehydrogenaz (DHA) oraz fosfatazy kwaśnej (PHOS-H) i zasadowej (PHOS-OH). Do oznaczenia aktywności dehydrogenaz (DHA) zastosowano metodę kolorymetryczną, stosując jako substrat 1% TTC (2,3,5 – trifenylotetrazoliowy chlorek), po 24-godzinnej inkubacji w temperaturze 30°C, przy długości fal 485 nm i wyrażano w mmol TPF kg⁻¹ 24h⁻¹ s.m gleby (THALMANN, 1968). W celu określenia aktywności fosfataz (alkalicznej i kwaśnej) użyto metody 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 μmol pNP kg⁻¹ h⁻¹ s.m gleby.

Analiza materiału roślinnego polegała na określeniu plonu suchej masy runi każdego z trzech zbieranych co roku odrostów życicy oraz na oznaczeniu żywotności roślin. Plon suchej masy określano metodą suszarkowo-wagową w oparciu o ukosy próbne z powierzchni 7,5 m² dla każdego poletka. Żywotność roślin oceniano w oparciu o wartość SPAD mierzoną przy użyciu N-testera (GÁBORČIK i ZMETÁKOVA, 2001; OLSZEWSKA, 2005), przed skoszeniem każdego odrostu. Wykonano po 60 pomiarów dla każdego poletka, na najwyższych, w pełni wykształconych blaszkach liściowych życicy. Terminy zbioru poszczególnych odrostów w kolejnych latach nie były względem siebie komplementarne gdyż w roku założenia doświadczenia pierwszy odrost zbierano dopiero w lipcu. Terminy zbioru poszczególnych odrostów w roku 2012 przypadały: 11.07 (I odrost), 04.09 (II odrost) oraz 09.10 (III odrost). W drugim roku badań (2013) odpowiednio: 20.05, 17.07 i 23.09.

Analizę statystyczną otrzymanych wyników wykonano korzystając z programów Statistica oraz MS Excell. Przeprowadzono analizę wariancji, a zróżnicowanie średnich zweryfikowano testem Tukey'a przy poziomie istotności $p = 0,05$. Dla określenia zależności pomiędzy badanymi parametrami biologicznymi obliczono wartość współczynnika korelacji r-*Person*a.

3. Wyniki i dyskusja

Ponieważ jednym z głównych składników preparatu Soleflor jest węglan wapnia w postaci Mezocalc na pierwszym miejscu przeanalizowano w pływ nawożenia tym preparatem na odczyn gleby (tab. 3). Okazuje się, że odczyn wszystkich prób glebowych jest bardzo zbliżony do siebie, a różnice są statystycznie nieistotne. Nawet w dawce 600 kg na 1 ha preparat nie spowodował zwiększenia się pH w porównaniu z kontrolą. Jedyna zauważalna różnica, to wyższe pH w drugim roku badań, ale wzrost ten zauważalny jest również w kombinacji kontrolnej, a więc nie był zależny od zastosowania preparatu. Wyniki te nie potwierdzają deklarowanego przez producenta wysoce istotnego wpływu preparatu na podniesienie odczynu gleby. Należy jednak zauważyć kilka powodów, dla których tak się dzieje. Otóż doświadczenie założono na glebie o wysokim pH i bogatej w węglan wapnia. Ponadto ilość węglanu wapnia wnoszonego wraz z preparatem jest stosunkowo niewielka w porównaniu z tradycyjnym wapnowaniem odkwaszającym. W kontekście życia biologicznego gleby, na tym etapie, nie należy się zatem doszukiwać znaczącego wpływu preparatu na stan mikrobiologiczny gleby poprzez modyfikowanie jej odczynu. Należy jedynie założyć, że systematyczne, wieloletnie stosowanie preparatu doprowadzi i utrzyma odczyn gleby na prawidłowym poziomie i będzie przeciwwagą dla antropogenicznych przyczyn zakwaszania gleby do jakich zaliczyć należy np. nawożenie azotowe (FILIPEK i SKOWROŃSKA, 2013). Ponadto, nawet niewielkie różnice w obrębie jednego parametru mogą tworzyć interakcje z kolejnymi i w konsekwencji łączny wpływ na aktywność mikrobiologiczną gleby może być zdecydowany. Znane są również wyniki badań wskazujące na to, że nawet niewielkie zmiany pH – o 0,2–0,6 jednostki mogą bezpośrednio wpływać na ilość drobnoustrojów glebowych (MYŚKÓW, 1987; GORLACH i MAZUR, 2001), czy aktywność enzymatyczną gleby (WYSZKOWSKA i KUCHARSKI, 2004).

Wpływ nawożenia preparatem Soleflor na liczebność wybranych grup drobnoustrojów glebowych przedstawiono w tabeli 4. Jak się okazuje największy wpływ na wielkości populacji drobnoustrojów w glebie miał rok badań – w drugim roku liczebność bakterii,

Tabela 3. Wpływ zastosowanych kombinacji doświadczalnych na odczyn gleby

Table 3. The effect of the applied experimental combination on soil pH

Kombinacja doświadczalna Experimental combination	Odrost Regrowth	pH (H ₂ O)	
		2012	2013
Soleflor 0/0	I	6,15	6,46
	II	6,01	6,11
	III	6,27	6,51
Soleflor 300/300	I	6,05	6,58
	II	6,25	6,66
	III	6,20	6,11
Soleflor 600/0	I	6,09	6,59
	II	6,42	6,73
	III	6,00	6,02

promieniowców, oligotrofów i koptotrofów była istotnie wyższa niż w pierwszym. Powodem jest zapewne silniejszy rozwój roślin w drugim roku, a co za tym idzie bujniejszy system korzeniowy, bogatsze wydzieliny korzeniowe, a więc silniejsze oddziaływanie na drobnoustroje glebowe (NIEWIADOMSKA i WSP., 2010; BADURA, 2006; WIELGOSZ i SZEMBER, 2006). Również w poszczególnych odrostach liczebności drobnoustrojów różniły się nawet kilkukrotnie lecz trudno doszukać się w tej kwestii jakichkolwiek reguły. Czynnikiem decydującym była niewątpliwie temperatura i uwilgotnienie gleby.

W związku z dużymi różnicami w obu latach badań i w terminach wyznaczonych poszczególnymi odrostami runi życicowej, analizę przeprowadzono osobno dla każdego roku i odrostu.

Tabela 4. Wpływ zastosowanych kombinacji doświadczalnych na liczebność wybranych grup drobnoustrojów glebowych w darni życicy trwałej

Table 4. The effect of applied experimental combinations on the number of bacteria in perennial ryegrass turf

Odrost Regrowth	Kombinacja doświadczalna Experimental treatment	Liczebność (j.t.k. g ⁻¹ s.m. gleby) – The number (CFU g ⁻¹ DM of soil)									
		Bakterie Bacteria (n 10 ⁵)		Promieniowce Actinomyces (n 10 ⁵)		Oligotrofy Oligotrophs (n 10 ⁵)		Kopiotrofy Copiotrophs (n 10 ⁵)		Grzyby Fungi (n 10 ⁴)	
		2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
I	Soleflor 0/0	29,0 a	90,1 a	39,2 a	62,0 a	26,8 a	66,1 a	12,7 a	21,0 a	20,2 a	35,4 a
	Soleflor 300/300	27,8 a	59,8 a	37,0 a	102,8 a	31,5 a	33,5 a	17,9 a	46,1 a	15,4 a	22,1 a
	Soleflor 600/0	16,9 b	111,2 a	46,2 a	65,7 a	26,8 a	42,1 a	15,2 a	38,9 a	22,0 a	10,0 a
	Średnia Mean	24,6	87,0	40,8	76,8	28,4	47,2	15,3	35,3	19,2	22,5
II	Soleflor 0/0	28,5 a	70,7 a	39,6 b	9,0 a	11,8 a	21,8 a	24,4 a	171,9 b	13,7 a	15,4 a
	Soleflor 300/300	35,0 a	66,6 a	17,9 a	11,8 a	14,5 a	32,9 a	11,2 a	44,4 a	13,4 a	18,9 a
	Soleflor 600/0	26,9 a	43,9 a	49,3 b	21,6 a	20,6 a	64,8 a	12,7 a	81,1 a	20,6 a	21,6 a
	Średnia Mean	30,1	60,4	35,6	14,1	15,6	39,8	16,1	99,1	15,9	18,6
III	Soleflor 0/0	59,0 a	29,7 a	26,7 a	34,8 a	28,8 a	42,6 a	8,6 a	21,9 a	22,8 a	9,0 a
	Soleflor 300/300	52,1 a	32,6 a	18,2 a	23,7 a	30,0 a	47,3 a	10,1 a	26,9 a	13,1 a	12,5 a
	Soleflor 600/0	46,2 a	25,1 a	23,2 a	22,9 a	42,1 a	42,5 a	12,5 a	29,2 a	21,8 a	3,3 a
	Średnia Mean	52,4	29,1	15,4	27,1	33,6	44,1	10,4	26,0	19,2	8,3

Objaśnienia: litery wskazują na istotność różnic ($p = 0,05$) pomiędzy kombinacjami doświadczalnymi w obrębie odrostu.

Explanations: letters indicate the significance of differences ($p = 0.05$) between the experimental treatments within the regrowth

Analiza wpływu preparatu na liczebność wszystkich badanych grup drobnoustrojów glebowych pokazuje, że jest on niewielki lub bardzo niejednoznaczny, a przy tym statystycznie nieistotny. Tym niemniej w niektórych przypadkach zaobserwować można pewne tendencje również w kontekście kombinacji doświadczalnych.

Wpływ preparatu szczególnie wyraźnie zaznaczył się w przypadku ogólnej liczby bakterii, przy czym najmniejszą liczebność tej grupy drobnoustrojów stwierdzano przy najwyższej dawce Soleflor, jednak najsilniej i statystycznie istotne tylko w I odroście, pierwszego roku czyli wtedy gdy upłynęło najmniej czasu od zastosowania nawozu. W drugim roku badań zależności te były już niejednoznaczne, tym niemniej należy zauważyć, że w I odroście najmniejszą ilość bakterii stwierdzono w kombinacji Soleflor 300/300, czyli jedynej, w której stosowano ten nawóz wiosną tego roku.

W odniesieniu do pozostałych grup drobnoustrojów glebowych takie zależności zaobserwować jest bardzo trudno, a tendencje rysujące się w niektórych odrostach, nie znajdują zwykle potwierdzenia w pozostałych. Powszechnie występujące w glebach rolniczych promieniowce, uczestniczą w rozkładzie szczątków roślinnych i zwierzęcych (wytwarzają celulazy, chitynazy, ksylanazy), oraz silnie oddziałują na inne mikroorganizmy glebowe (syntetyzują antybiotyki) (SCHREY i TARKKA, 2008). Wpływ preparatu na zwiększenie ich liczebności byłby zatem bardzo pozytywnym wskaźnikiem. W pierwszych odrostach, taką pozytywną zależność można zaobserwować, gdyż jedna lub obie kombinacje z Soleflor przyczyniały się do nieznacznego wzrostu liczebności promieniowców w porównaniu z kontrolą. Choć różnice były statystycznie nieistotne to regularne. Jednak w ostatnich odrostach reguła ta ulegała poważnemu zaburzeniu gdyż największą liczebność tych drobnoustrojów stwierdzano właśnie w kombinacjach kontrolnych. Mimo to w pierwszym roku badań zaznaczyła się silna, ujemna korelacja ($-0,817$) pomiędzy ogólną liczebnością bakterii a liczebnością promieniowców (tab. 8). Nie przełożyło się to jednak na stosunek promieniowców do bakterii, który rozkładał się niezależnie od kombinacji doświadczalnych. Znacznie wyraźniejsze są różnice pomiędzy odrostami, które wynikają przede wszystkim z przebiegu pogody i wynikających z niego różnic uwilgotnienia gleby. Promieniowce saprofityczne są bowiem najliczniejsze i najintensywniej rozkładają substancję organiczną w warunkach niskiej wilgotności (MARSZEWSKA-ZIEMIĘCKA, 1974).

W wielu badaniach obejmujących zależności pomiędzy drobnoustrojami glebowymi a środowiskiem, ciekawych wniosków dostarcza analiza bakterii glebowych z rozbięciem na oligotrofy i koptotrofy. W niniejszej pracy i w tym przypadku nie zaobserwowano istotniejszych zależności pomiędzy tymi dwoma grupami drobnoustrojów, a kombinacją doświadczalną. Choć liczebność oligotrofów i koptotrofów była zwykle najniższa w kombinacjach kontrolnych, a wyższa w warunkach nawożenia preparatem Soleflor to różnice okazały się statystycznie nieistotne.

W niniejszym doświadczeniu oligotrofy stanowiły średnio ok. 95% ogólnej liczby bakterii. Na tle danych literaturowych jest to wysoka wartość gdyż najczęściej ich liczebność utrzymuje się na względnie stałym poziomie – około 80–85% ogólnej liczebności bakterii (OTHA i HATTORI, 1980). Oligotrofy materię organiczną przetwarzają oszczędnie i reagują negatywnie na zbyt duże stężenie prostych związków węgla w śro-

dowisku (LIBUDZISZ i WSP., 2007; WEYMAN-KACZMARKOWA, 1996) co nie oznacza, że ich duży udział w glebie świadczy o jej małej żyzności (PAUL i CLARK, 2000).

W przypadku koptrofów szczególną sytuację zaobserwowano w drugim odroście, drugiego roku badań, kiedy to liczebność koptrofów była kilkukrotnie wyższa niż w pozostałych terminach analiz. Powodem było prawdopodobnie zbyt późne zebranie pierwszego odrostu, które spowodowało obumieranie najniższych liści. Koptrofy są bowiem bakteriami, których rozwój uwarunkowany jest dopływem świeżej, łatwo przyswajalnej materii organicznej. W odróżnieniu od autochtonicznych oligotrofów, koptroficzne zymogeny przetwarzają materię organiczną w sposób bardzo rozrzućny, przy dużych stratach węgla, a ich liczebność stosunkowo szybko spada po wykorzystaniu łatwoprzyswajalnego substratu pokarmowego (LIBUDZISZ i WSP., 2007; LEE i WSP., 2008; WEYMAN-KACZMARKOWA i PĘDZIWIŁK, 1996).

Stosunek oligotrofów do koptrofów był silnie uzależniony od roku badań – w pierwszym był znacznie wyższy niż w drugim (tab. 5). Natomiast nie zaobserwowano żadnej powtarzalnej zależności pomiędzy tym wskaźnikiem a kombinacją doświadczalną, a zarejestrowane różnice okazały się statystycznie nieistotne.

Stosunek oligotrofów do koptrofów ma szczególne znaczenie w aspekcie utrzymania materii organicznej w glebie za względu na ekonomiczne przetwarzanie substratu energetycznego przez oligotrofy. Zdaniem WEYMAN-KACZMARKOWEJ i PĘDZIWIŁK (1996) powyższa dominacja jest niezbędna dla zachowania stałego poziomu glebowej materii organicznej i świadczy o zachowaniu równowagi biologicznej gleby.

Tabela 5. Stosunek oligotrofów do koptrofów (O:K) w darni życicy trwałej
Table 5. Proportion of oligotrophs to copiotrophs (O:K) in perennial ryegrass turf

Kombinacja doświadczalna Experimental treatment	Odrost Regrowth	O:K	
		2012	2013
Soleflor 0/0	I	2,1	3,1
	II	0,5	0,1
	III	3,4	2,0
Soleflor 300/300	I	1,8	0,7
	II	1,3	0,7
	III	3,0	1,8
Soleflor 600/0	I	2,4	1,1
	II	1,7	0,8
	III	1,5	1,5

Grzyby również okazały się grupą drobnoustrojów, względem której nie udało się wskazać żadnych, istotnych zależności z kombinacją nawozową. Grzyby glebowe stanowią liczną i zróżnicowaną grupę organizmów. Ich gatunki saprofityczne przyczyniają się do naturalnego obiegu pierwiastków biogenych poprzez mineralizację i uruchamianie martwej substancji organicznej (WEYMAN-KACZMARKOWA i PĘDZIWIŁK, 2000; WIELGOSZ i SZEMBER, 2006).

Liczebność drobnoustrojów w glebie, poszczególnych ich grup taksonomicznych czy ekologicznych, jest wskaźnikiem bardzo zmiennym, tak w czasie, jak i w przestrzeni

glebowej, poddawanych bardzo różnym oddziaływaniom. Stąd też uchwycenie wpływu czynnika stosunkowo słabo przekształcającego właściwości siedliska glebowego, jakim jest nawożenie preparatem Soleflor, na liczebności wybranych grup drobnoustrojów glebowych, jest trudne.

Znacznie bardziej jednoznaczne wyniki nad wpływem preparatu Soleflor uzyskano w przypadku aktywności enzymatycznej gleby (tab. 6). Choć analiza statystyczna wskazuje na istotność różnic tylko w niektórych przypadkach to zawsze są to sytuacje, w których aktywność enzymatyczna gleby w jednej lub obu kombinacjach z zastosowaniem kondycjonera była wyższa niż w kombinacji kontrolnej.

Wpływ preparatu Soleflor na aktywność enzymatyczną gleby jest zauważalny w odniesieniu do wszystkich analizowanych enzymów glebowych, przy czym najwyraźniej zaznacza się w pierwszym roku badań. Aktywność tych enzymów w obu latach

Tabela 6. Wpływ zastosowanych kombinacji doświadczalnych na aktywność enzymatyczną gleby
Table 6. The effect of applied experimental treatment on enzymatic activity of soil

Odrost Regrowth	Kombinacja doświadczalna Experimental treatment	Dehydrogenazy ($\mu\text{mol TPF kg}^{-1}\text{s.m. gleby } 24\text{h}^{-1}$) Dehydrogenases ($\mu\text{mol TPF kg}^{-1}\text{DM of soil } 24\text{h}^{-1}$)		Fosfataza zasadowa ($\mu\text{mol PNP kg}^{-1}\text{s.m. gleby } \text{h}^{-1}$) Alcaline phosphatase ($\mu\text{mol PNP kg}^{-1}\text{DM of soil } \text{h}^{-1}$)		Fosfataza kwaśna ($\mu\text{mol PNP kg}^{-1}\text{s.m. gleby } \text{h}^{-1}$) Acid phosphatase ($\mu\text{mol PNP kg}^{-1}\text{DM of soil } \text{h}^{-1}$)	
		2012	2013	2012	2013	2012	2013
I	Soleflor 0/0	1,17 a	4,79 a	42,20 a	56,90 a	35,70 a	89,20 a
	Soleflor 300/300	1,51 a	4,14 a	47,80 c	52,80 a	44,50 b	92,20 a
	Soleflor 600/0	1,98 a	4,70 a	45,20 b	58,90 a	39,50 ab	86,20 a
	Średnia Mean	1,55	4,54	43,70	56,20	39,90	89,20
II	Soleflor 0/0	0,47 a	10,06 a	93,60 a	112,80 a	32,70 a	160,30 a
	Soleflor 300/300	0,46 a	10,56 a	97,30 a	132,50 a	36,00 a	158,40 a
	Soleflor 600/0	1,00 b	13,19 a	132,60 b	147,10 a	41,00 b	138,80 a
	Średnia Mean	0,64	11,27	107,83	130,80	36,57	152,50
III	Soleflor 0/0	7,70 a	1,47 a	86,60 a	69,10 a	64,80 a	103,20 a
	Soleflor 300/300	6,70 a	1,98 a	137,50 b	74,30 a	62,70 a	106,80 a
	Soleflor 600/0	8,64 a	2,37 a	92,40 a	100,60 b	71,20 b	110,90 a
	Średnia Mean	7,68	1,94	105,50	81,33	66,23	106,97

Objaśnienia: litery wskazują na istotność różnic ($p = 0,05$) pomiędzy kombinacjami doświadczalnymi w obrębie odrostu.

Explanations: letters indicate the significance of differences ($p = 0.05$) between the experimental treatments within the regrowth

badania i niemal w każdym odroście jest najwyższa przy 600 kg poziomie Soleflor stosowanej w całości w pierwszym roku.

Podobnie jak w przypadku liczebności drobnoustrojów aktywność enzymatyczna gleby była wyższa, nawet wielokrotnie, w drugim roku badań. Stwierdzenie to odnosi się szczególnie silnie do dwóch pierwszych odrostów. Wynika to przede wszystkim z opisanego już wcześniej słabszego rozwoju roślin w pierwszym roku, a więc słabszego ich oddziaływania na środowisko i życie mikrobiologiczne darniowej warstwy gleby.

Aktywność enzymatyczna jest jednym z parametrów opisujących jakość gleby pod względem biologicznym (SAVIOZZI i WSP., 2001; BILIŃSKA, 2005). Najczęściej badanymi enzymami są dehydrogenazy. Są bardzo dobrym parametrem oceny wpływu nawożenia na aktywność mikrobiologiczną gleby (BRZEZIŃSKA i WŁODARCZYK, 2005; MOCEK-PŁÓCINIĄK, 2010). Ponieważ dehydrogenazy są wyłącznie pochodzenia mikrobiologicznego, ich aktywność uznawana jest za pośredni wskaźnik liczebności i aktywności mikroorganizmów w glebie, a tym samym za wskaźnik określający całkowitą aktywność mikrobiologiczną gleby i jej żyzność (BRZEZIŃSKA, 2006; MORENO i WSP., 2007; PIOTROWSKA-CYPLIK i WSP., 2007). W tym kontekście należy szczególnie ostrożnie podchodzić do wyników analizy ogólnej liczby bakterii, które w niniejszym doświadczeniu nie oddają prawidłowo wpływu preparatu Soleflor na aktywność mikrobiologiczną gleby. Co ciekawe analiza korelacji pomiędzy ogólną liczbą bakterii, a aktywnością dehydrogenazy, przeprowadzona osobno dla poszczególnych kombinacji doświadczalnych, dla obu lat badań łącznie (tab. 7), pokazuje, iż współczynnik korelacji zmniejsza się na skutek nawożenia preparatem Soleflor.

Tabela 7. Zależności pomiędzy liczebnością bakterii, a aktywnością dehydrogenaz w zależności od kombinacji doświadczalnej

Table 7. The relationships between number of bacteria and activity of dehydrogenases, depending on the experimental treatment

Kombinacja doświadczalna Experimental treatment	Współczynnik korelacji r Correlation coefficient r
Soleflor 0/0	0,72*
Soleflor 300/300	0,48
Soleflor 600/0	0,15

* współczynnik korelacji istotny przy poziomie istotności $p = 0,05$ – correlation coefficient significant at significance level $p = 0.05$

Aktywności fosfatazy kwaśnej i zasadowej, były do siebie podobne. Jako, że są to enzymy zewnątrzkomórkowe, katalizujące reakcje odczepiania reszty fosforanowej od związków organicznych ich aktywność będzie ściśle związana z ilością materii organicznej w glebie (BIELIŃSKA, 2005).

W celu określenia zależności pomiędzy liczebnościami poszczególnych grup drobnoustrojów i aktywnością enzymów obliczono współczynniki korelacji dla badanych parametrów biologicznych gleby (tab. 8). Okazuje się, że w obu latach badań współczynniki korelacji pomiędzy tymi samymi cechami mocno się od siebie różnią,

Tabela 8. Współczynniki korelacji pomiędzy badanymi parametrami
Table 8. Correlation coefficients between the examined parameters

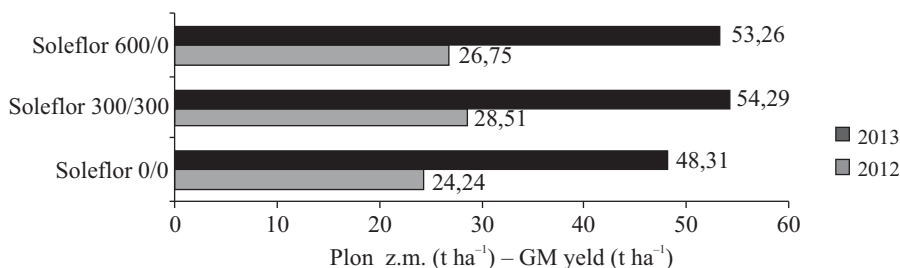
	Promienowce Actinomyces	Oligotrofy Oligotrophs	Kopiotrofy Copiotrophs	Grzyby Fungi	Dehydrogenaza Dehydrogenase	Fosfataza zasadowa Alkaline phosphatase	Fosfataza kwaśna Acid phosphatase
2012							
Bakterie Bacteria	-0,817**	0,389	-0,593	0,029	0,839**	0,465	0,828**
Promienowce Actinomyces		-0,235	0,485	0,371	-0,570	-0,343	-0,571
Oligotrofy Oligotrophs			-0,404	0,481	0,746*	-0,175	0,780*
Kopiotrofy Copiotrophs				-0,355	-0,540	-0,271	-0,552
Grzyby Fungi					0,350	-0,299	0,309
Dehydrogenaza Dehydrogenase						0,279	0,983**
Fosfataza zasadowa Alkaline phosphatase							0,328
2013							
Bakterie Bacteria	0,404	-0,022	0,140	0,434	0,229	-0,280	-0,165
Promienowce Actinomyces		0,104	-0,373	0,342	-0,389	-0,760*	-0,766*
Oligotrofy Oligotrophs			-0,464	0,452	0,005	-0,028	-0,379
Kopiotrofy Copiotrophs				0,025	0,639	0,483	0,694*
Grzyby Fungi					0,362	-0,070	-0,035
Dehydrogenaza Dehydrogenase						0,808**	0,775*
Fosfataza zasadowa Alkaline phosphatase							0,866**

* współczynnik korelacji istotny przy poziomie istotności $p = 0,05$ – correlation coefficient significant at significance level $p = 0.05$.

** współczynnik korelacji istotny przy poziomie istotności $p = 0,01$ – correlation coefficient significant at significance level $p = 0.01$.

a nawet mają odwrotną wartość. Na przykład w roku 2012 wystąpiły bardzo silne korelacje pomiędzy ogólną liczebnością bakterii, a liczebnością promieniowców (korelacja ujemna) oraz aktywnością dehydrogenazy i fosfatazy kwaśnej. W następnym roku żadna z tych zależności nie powtórzyła się w takim stopniu. Potwierdza to wcześniejsze sugestie, że warunki pogodowe, a także kondycja roślin odgrywają decydującą rolę wobec poszczególnych parametrów biologicznych. Są jednak korelacje, które, choć nie zawsze przy najwyższym poziomie istotności, zachodziły w obu latach badań. Były to przede wszystkim ujemne korelacje pomiędzy promieniowcami a aktywnością poszczególnych enzymów glebowych oraz korelacje pomiędzy enzymami, a zwłaszcza dehydrogenazami a fosfatazą kwaśną.

Już w pierwszym roku prowadzonych badań odnotowano pozytywny wpływ zastosowanych dawek kondycjonera gleby Soleflor na plon runi życicy trwałej (ryc. 1). Na kombinacji nawozowej, gdzie stosowano 300 kg ha⁻¹ Soleflor, runi plonowała na poziomie 28,5 t zielonej masy z hektara i był to najwyższy zebrany roczny plon ze wszystkich badanych kombinacji nawożenia. Zwiększenie dawki Soleflor do 600 kg ha⁻¹ spowodowało również wzrost plonowania runi, jednak nie tak wysoki, jak w przypadku kombinacji, na której zastosowano tylko połowę dawki Soleflor. Odnosząc efekty plonowania z obu kombinacji po zastosowaniu Soleflor do tej, gdzie było tylko standardowe nawożenie NPK, stwierdzono pozytywny wpływ zastosowanego kondycjonera gleby na wysokość uzyskiwanych plonów. W porównaniu do standardowego nawożenia wzrost plonowania wyniósł w przypadku Soleflor 600 kg ha⁻¹ – 10%, natomiast po zastosowaniu połowy dawki aż o 17%.



NIR-LSD_{0,05} – 0,01 dla plonów w I roku użytkowania (2012) – for yield in the first year of use (2012)
 NIR-LSD_{0,05} – 0,03 dla plonów w II roku użytkowania (2013) – for yields in the second year of use (2013)

Rycina 1. Wpływ stosowania zróżnicowanych dawek Soleflor na plonowanie życicy trwałej
 Figure 1. The effect of different doses of Soleflor on the yield of perennial ryegrass

W drugim roku prowadzonych badań uzyskane plony runi były znacznie wyższe, w granicach 50 ton z.m. z hektara. Najwyższy plon z trzech pokosów zebrano z kombinacji po zastosowaniu 300 kg ha⁻¹ Soleflor, podobnie jak w roku poprzednim. Zebrany plon masy zielonej z hektara w okresie wegetacji przekroczył 54 tony. W porównaniu do nawożenia standardowego NPK wzrost plonowania wyniósł w przypadku Soleflor 600, tak samo jak w roku poprzednim 10%, natomiast po zastosowaniu dawki 300 kg – 12%.

Tabela 9. Zmiany indeksu SPAD w blaszkach liściowych życicy trwałej pod wpływem zróżnicowanych dawek Soleflor

Table 9. Changes of the SPAD index in perennial ryegrass leaves under the influence of different doses of Soleflor

Kombinacja doświadczalna Experimental treatment	Odrost – Regrowth					
	I		II		III	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Soleflor 0/0	457	594	571	624	552	581
Soleflor 300/300	421	614	556	631	531	589
Soleflor 600/0	498	586	586	604	564	557
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	3,21	2,54	3,05	3,70	1,59	4,43

Najwyższą żywotność (tab. 9) w pierwszym roku badań stwierdzono w blaszkach liściowych życicy trwałej po zastosowaniu kondycjonera Soleflor w dawce 600 kg ha⁻¹. Jego pozytywny efekt działania był widoczny we wszystkich trzech odrostach. Średnia wartość odczytów indeksu SPAD dla roślin życicy w okresie wegetacji na tej kombinacji nawożenia wyniosła 549. Dla porównania u roślin życicy nawożonych standardowo, średnia wartość odczytów SPAD z trzech odrostów wyniosła 526. Zastosowane nawożenie dawką 300 kg ha⁻¹ Soleflor przyniosło pod tym względem najłabsze efekty, ponieważ średnia wartość odczytów SPAD wyniosła w tych roślinach tylko 502.

W drugim roku badań, na kombinacjach nawożenia, gdzie zastosowano Soleflor w wyższej dawce w poprzednim roku (na zapas), jego działanie nie było już tak bardzo widoczne. W liściach życicy trwałej pochodzących z tej kombinacji stwierdzano najniższe odczyty SPAD, czego dowodem średnia z odrostów przeprowadzanych N-testerem w wysokości 582. Najwyższe odczyty indeksu SPAD we wszystkich odrostach życicy trwałej notowane były w blaszkach liściowych po ponownym zastosowaniu wiosną Soleflor w dawce 300 kg ha⁻¹. Średnia wartość SPAD jaką uzyskano z odczytów w blaszkach liściowych roślin życicy pochodzących z tej kombinacji nawożenia wyniosła 611. Nawożenie Soleflor wyższą dawką co dwa lata przyniosło bardzo dobry efekt w przypadku oddziaływania na wartość SPAD w roślinach tylko w pierwszym roku. W drugim roku od jego zastosowania (na zapas) indeks SPAD w roślinach był na podobnym poziomie, jak w roślinach, gdzie stosowano tylko standardowe nawożenie NPK.

4. Podsumowanie

Zadaniem preparatu Soleflor jest poprawa żyzności gleby i zwiększenie jej potencjału produkcyjnego poprzez aktywację procesów mikrobiologicznych i zwiększenie dostępności pierwiastków będących w związkach niedostępnych dla roślin. Podstawowymi składnikami preparatu są: węglan wapnia w postaci Mezocalc z kompleksem Pheoflore, mającym zwiększać aktywność drobnoustrojów glebowych dzięki obecności węglowodanów, polipeptydydów, azotu, siarki, magnezu i innych składników.

Nawożenia preparatem Soleflor okazało się jednoznaczne w kontekście zwiększenia żywotności roślin i ich plonowania. Największą zieloność roślin stwierdzono we wszystkich odrostach życicy po zastosowaniu 600 kg ha⁻¹ Soleflor w pierwszym roku prowadzonych badań. W drugim roku lepsze efekty w postaci wyższej wartości SPAD stwierdzono w przypadku ponownego zastosowania dawki Soleflor w ilości 300 kg ha⁻¹. Nawożenie na zapas co dwa lata dawką 600 kg ha⁻¹ Soleflor nie dało w drugim roku zadawalających rezultatów. Znacznie bardziej efektywne pod względem oceny plonowania i żywotności roślin okazało się zastosowanie systemu nawożenia NPK oraz niższą dawką Soleflor co roku.

Podstawowym celem badań było jednak zweryfikowanie hipotezy o bardzo korzystnym wpływie tego biokondycjonera na aktywność mikrobiologiczną gleby. Wyniki badań z tego zakresu wykazały, że wpływ nawożenia preparatem Soleflor na ilość poszczególnych grup drobnoustrojów glebowych jest stosunkowo nieduży i nieregularny, zwłaszcza, jeśli traktować je, jako wskaźniki żyzności gleby. Liczebność i aktywność mikroorganizmów uwarunkowana jest wieloma czynnikami. Jednak głównym jest dostępność materii organicznej, która jest dla mikroorganizmów źródłem energii i składników pokarmowych. Skład mikroorganizmów może być istotnym wyznacznikiem tempa rozkładu materii organicznej i obiegu składników pokarmowych oraz ich dostępności w glebach. Nawożenie, zatem przekłada się na zwiększenie żyzności gleby dopiero na skutek długotrwałego systematycznego stosowania i w powiązaniu z produkcją pierwotną rosnących w glebie roślin, ich agrotechniką i sposobem zagospodarowania plonu. Jednocześnie chwilowe i bardzo silne wahania liczebności poszczególnych grup drobnoustrojów glebowych na przestrzeni okresu wegetacji mogą być w dużym stopniu uzależnione od aktualnej kondycji i stanu fizjologicznego roślin oraz od temperatury i uwilgotnienia siedliska (BARABASZ i VOŘIŠEK, 2002). Dlatego też trudno jednoznacznie stwierdzić, że zastosowane nawożenie przyczynia się do stałego i trwałego zwiększenia żyzności gleby, gdyż jest to proces długotrwały.

Drugi powód słabo zaznaczonego oddziaływania preparatów na liczebność drobnoustrojów glebowych to zapewne duża zasobność gleby, na której założono doświadczenie, w fosfor i potas, wysokie pH i ogólnie wysoka ich żyzność, która sprawiają, że populacje drobnoustrojów są już liczne. Tymczasem dane literaturowe wskazują, że efektywność tego rodzaju wzbogacania gleby i zwiększania jej aktywności jest największa na glebach słabszych i zdegradowanych (NIEWIADOMSKA, 2013).

W związku z powyższymi uwagami, wydaje się, że niewralgicznymi momentami wprowadzającymi niejednoznaczność w uzyskanych wynikach analiz mikrobiologicznych i utrudniającymi interpretację tych wyników jest wysoka żyzność gleb, na których prowadzono doświadczenie, wpływ kombinacji doświadczenia wcześniej realizowanego na polu doświadczalnym oraz wysokie nawożenie tradycyjne (NPK) towarzyszące stosowaniu preparatu Soleflor.

Wzrost aktywności enzymatycznej pod wpływem stosowania biokondycjonera glebowego Soleflor jest natomiast istotną przesłanką dla stwierdzenia, że preparat ten wpływa na aktywność mikrobiologiczną gleby, jednak należy założyć, że jego działanie jest długofalowe. Stąd wpływ preparatu na analizowane w tej pracy właściwości biolo-

giczne gleby rozpatrywać należałoby w znacznie dłuższym niż dwuletni okres stosowania.

Literatura

- BADURA L., 2006. Czy mikroorganizmy są niezbędne dla życia roślin. W: Materials of National Symposium on Microbiology. Red. W. Barabasz. AR, Kraków.
- BARABASZ W., VOŘIŠEK K., 2002. Biodiversity of bioorganisms in soil environment. Materials from the National Microbiological Symposium, 26, AR Kraków.
- BIELIŃSKA E., 2005. Oznaczanie aktywności fosfatyz. Acta Agrophysica, Rozprawy i Monografie, (3), 63–74.
- BRZEZIŃSKA M., 2006. Aktywność biologiczna oraz procesy jej towarzyszące w glebach organicznych nawadnianych oczyszczonymi ściekami miejskimi (Badania polowe i modelowe). Acta Agrophysica, 131, 164 s.
- BRZEZIŃSKA M., WŁODARCZYK T., 2005. Enzymy wewnątrzkomórkowych przemian redoks (oksydoreduktazy). Acta Agrophysica, Rozprawy i Monografie, 3, 11–26.
- FILIPEK T., SKOWROŃSKA M., 2013. Aktualne dominujące przyczyny oraz skutki zakwaszania gleb użytkowanych rolniczo w Polsce. Acta Agrophysica, 20 (2), 283–294.
- GÁBORČIK N., ZMETÁKOVÁ Z., 2001. Chlorophyll (SPAD readings) and nitrogen concentrations in leaves of some forage grasses and legumes. Łąkarstwo w Polsce, 4, 43–48.
- GORLACH E., MAZUR T., 2001. Chemia rolna. Wydawnictwo naukowe PWN SA., Warszawa 72–127.
- GRZYB Z.S., PIOTROWSKI W., SAS-PASZT L., 2012. Wpływ różnych bionawozów i ulepszaczy glebowych stosowanych w szkółce ekologicznej na stopień porażenia okulantów wiśni przez opadzinę liści (*Brumeriella jaapi* Rehm.). Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 57, 3, 153–156.
- 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, 1–14.
- KAŃSKA Z., GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA A., ŁEBKOWSKA M., ŻECHOWSKA E., 2001. Ćwiczenia laboratoryjne z biologii sanitarnej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- KLAMA J., JĘDRYCZKA M., WIŚNIEWSKA H., GAJEWSKI P., 2010. Ocena stopnia rozwoju oraz kondycji fizjologicznej ozimych roślin pszenicy i rzepaku w uprawie z zastosowaniem efektywnych mikroorganizmów. Nauka Przyroda Technologie, 4 (6), 81.
- KRĘGIEL D., 2002. Postęp w analizie mikrobiologicznej żywności – metoda płytek spiralnych. LAB Laboratoria, Aparatura, Badania, 7, 4, 16–18.
- LEE S.H., OH B.I., KIM J., 2008. Effect of various amendments on heavy mineral oil bioremediation and soil microbial activity. Bioresource Technology, 99, 2578.
- LIBUDZISZ Z., KOWAL Z.K., ŻAKOWSKA Z., 2007. Mikrobiologia techniczna. 1. Mikroorganizmy i środowiska ich występowania. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- MARSZEWSKA-ZIEMIĘCKA J., 1969. Mikrobiologia gleby i nawozów organicznych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, wydanie II, Warszawa.
- MARTYNIUK S., 2011. Skuteczne i nieskuteczne preparaty mikrobiologiczne stosowane w ochronie i uprawie roślin oraz rzetelne i nierzetelne metody ich oceny. Postępy Mikrobiologii, 50 (4), 321–328.
- MARTYNIUK S., KSIĘŻAK J., 2011. Ocena pseudomikrobiologicznych biopreparatów stosowanych w uprawie roślin. Polish Journal of Agronomy, 6, 27–33.

- MERCK-POLSKA, 2004. 101621 Standard Count agar for microbiology, 1.
- MOCEK-PLÓCINIĄK A., 2010. Wykorzystanie aktywności enzymatycznej do oceny wpływu antropogenicznych zmian wywołanych przez metale w środowisku glebowym. *Nauka Przyroda Technologie*, 4, (6), 1–10.
- MORENO J.L., ALIAGA A., NAVARRO S., HERNENDEZ T., GRACIA C., 2007. Effects of atrazine on microbial activity in semiarid soil. *Applied Soil Ecology*, 35, 120–127.
- MYŚKÓW W., 1987. Effect of deep tillage and crop rotation on the biological properties of the soil. *Pamiętnik Puławski – Prace IUNG*, 90. [in Polish].
- NIEWIADOMSKA A., 2013. Ocena wpływu nawozu PRP SOL i koinokulacji bakteriami na proces diazotrofi, aktywność biologiczną i właściwości fizykochemiczne gleby oraz kondycję i plon koniczyny i lucerny. *Rozprawy Naukowe* 462, Wydawnictwo UP w Poznaniu.
- NIEWIADOMSKA A., KLEIBER T., KLAMA J., ŚWĘDRZYŃSKA D., 2010. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotowego na dynamikę składu mikrobiologicznego gleby i aktywność enzymatyczną dehydrogenaz pod trawnikiem. *Nauka Przyroda Technologie*, 4, (6), 1–10.
- OLSZEWSKA M., 2005. Wpływ niedoboru magnezu na wskaźniki wymiany gazowej, indeks zieloności liści (SPAD) i plonowanie *Lolium perenne* i *Dactylis glomerata*. *Łąkarstwo w Polsce*, 8, 141–148.
- OTHA H., HATTORI T., 1980. Bacteria sensitive to nutrient broth medium in terrestrial environments. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 26, 14.
- PAUL E., CLARK F., 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.
- SAVIOZZI A., CARDELLI R., LEVI-MINZI R., RIFFALDI R., 2004. Evolution of biochemical parameters during composting of urban wastes. *Compost Science & Utilization*, 12/2, 153–160.
- SCHREY S.D., TARKKA M.T., 2008. Friends and foes: streptomycetes as modulators of plant disease and symbiosis. *Antonie van Leeuwenhoek*, 94, 11.
- SOSNOWSKI J., 2012. Reaction of *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds. and *Lolium perenne* L. to microbiological fertilizer and mineral fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 11 (1), 91–98.
- 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.
- TABATABEI M.A., BREMNER J., 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assays of soil phosphatase activity. *Soil Biology & Biochemistry*, 1, 301.
- 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., PĘDZIWIŁK Z., 2000. The development of fungi as affected by pH and type of soil, in relation to the occurrence of bacteria and soil fungistatic activity. *Microbiological Research*, 155, 107–111.

- WEYMAN-KACZMARKOWA W., 1996. Interdependencies between oligotrophic and copiotrophic bacteria in soils of different mechanical structure. *Polish Journal of Soil Sciences*, 29 (1), 65.
- 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), 85–92.
- WIELGOSZ E., SZEMBER A., 2006. Wpływ wybranych roślin na liczebność i aktywność drobnoustrojów glebowych. *Annales UMCS, Sec. E*, 61, 107–119.
- WOJTALA-ŁOZOWSKA L., PARYŁAK D., 2010. Porażenie pszenicy ozimej przez choroby podsuszkowe w zależności od przedplonu, zastosowania użyźniacza glebowego i materiału siewnego. *Progress in Plant Protection/ Postępy Ochrony Roślin*, 50 (4), 2057–2064.
- WYSZKOWSKA J., KUCHARSKI J., 2004. Biologiczne właściwości gleby zanieczyszczonej Chwastoxem Trio 540 SL. *Rocznik Gleboznawczy*, 50, 311–319.

The influence of a soil bioconditioner on the microbiological state and enzymatic activity of the soil under *Lolium perenne* plantation

D. SWĘDRZYŃSKA¹, W. ZIELEWICZ², P. PRZYBYŁ¹, J. STARZYK¹

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

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

Summary

The research was conducted from 2012 to 2013 in the fields of the Brody Experimental Agricultural Farm, Poznań University of Life Sciences. The aim of the research was to determine the influence of the Soleflor soil bioconditioner applied to a perennial ryegrass plantation on the microbiological and enzymatic activity of the soil, on the plant vigour and on the yield of the aboveground mass.

The univariate experience was established in a randomised blocks system. The experimental factor was the method of fertilisation with the Soleflor preparation, i.e. no fertilisation with the preparation, 300 kg ha⁻¹ annually in spring before the onset of vegetation, 600 kg ha⁻¹ once in two years at the same time. Regardless of the application of the Soleflor preparation, there was identical standard NPK fertilisation applied in each experimental combination.

Immediately before the harvesting of each regrowth of ryegrass the populations of selected groups of soil microorganisms (bacteria, actinomyces, fungi, oligotrophs, copiotrophs), the enzymatic activity of the soil (dehydrogenases, acid phosphatase, alkaline phosphatase) and the vigour of perennial ryegrass, expressed with the concentration of chlorophyll pigments in leaf blades (SPAD index), were analysed. Next the ryegrass yield was determined.

The influence of the Soleflor preparation on the population of soil microorganisms proved to be minimal, ambiguous and statistically insignificant. The enzymatic activity of the soil was the biological parameter of the soil which reacted more noticeably to the Soleflor fertilisation. At most of the times of the analyses all of the enzymes under investigation showed greater activity in

the fertilised treatments than in the control samples. However, the plants reacted the most noticeably to the application of the Soleflor. Both the vigour and yield of the ryegrass were higher in the fertilised combinations. A slight but statistically significant difference was observed, which spoke in favour of the application of the Soleflor preparation every year.

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