



Wpływ biokondycjonera glebowego Soleflor na żywotność i plonowanie kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.) oraz stan środowiska mikrobiologicznego gleby

*Dorota Swędrzyńska, Waldemar Zielewicz,
Arkadiusz Swędrzyński, Justyna Starzyk,
Agnieszka Wolna-Maruwka
Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań*

1. Wstęp

Długotrwałe nawożenie nawozami mineralnymi ograniczonymi do NPK wywiera niekorzystny wpływ na środowisko glebowe i jakość, a także ilość uzyskiwanych plonów. Gleba ubożeje pod względem chemicznym i biologicznym. Zmniejsza się zawartość wapnia, magnezu i innych pierwiastków, niewnoszonych w nawozach, obniża się odczyn, ubożeje życie mikrobiologiczne gleby [7]. Nieprawidłowe, zwłaszcza nadmierne ilości pierwiastków wnoszonych w nawozach oraz niewłaściwe proporcje pomiędzy nimi, przyczyniać się mogą do zmian w składzie chemicznym roślin, co przekłada się na gorszą jakość pokarmu czy paszy, a niepobrańe przez rośliny przyczyniają się do eutrofizacji wód [10]. Obraz rolnictwa negatywnie oddziałującego na środowisko przyrodnicze, a zwłaszcza glebowe, dopełnia zmianowanie zawężone tylko do dwóch lub trzech gatunków roślin towarowych takich jak: pszenica, rzepak i kukurydza i brak stosowania międzyplonów [3]. Sytuacji takiej nie dopuszczają zasady rolnictwa zrównoważonego, według których głównym celem nawożenia jest utrzymanie żyzności gleby i optymalne zaspokojenie potrzeb roślin poprzez stosowanie dawek nawozów ustalonych w oparciu o dokładny bilans poszczególnych pierwiastków czy rolnictwa

ekologicznego, opartego o nawozy naturalne. Takie podejście stwarza, między innymi, optymalne warunki dla rozwoju mikroflory glebowej, odpowiedzialnej, między innymi za przetwarzanie materii organicznej w próchnicę konieczną dla prawidłowego kształtowania zasobności i żyzności gleby [1, 2,]. Coraz większe zainteresowanie kierowane jest w stronę preparatów nawozowych wpływających kompleksowo na poprawę właściwości chemicznych gleby (odczyn, dostępność szerokiej gamy pierwiastków) i jej uaktywnienie mikrobiologiczne. Preparatami tymi są tzw. biokondycjonery i ulepszacze glebowe, mające zapewnić polepszenie struktury gleby, szybszą mineralizację przyorywanej materii organicznej oraz lepszą przyswajalność składników mineralnych takich jak fosfor i potas zdeponowanych w trudno dostępnych dla roślin zasobach gleby. Oferowane na rynku zagraniczne polepszacze i nawozy tego typu, produkowane są na bazie wapnia pochodzącego ze złóż morskich we Francji, o dużej aktywności chemicznej. Wapń w tych nawozach odgrywa podwójną rolę – nośnika wyciągu z alg morskich mających na celu aktywizację zubożałej przez monokultury zbożowe flory glebowej oraz mikroelementów uzupełniając ich braki w glebie. Zawarty w nawozie wapń ma zwiększać pH gleby i zmniejszać szkodliwe oddziaływanie glinu [30]. Jednym z takich preparatów jest Soleflor firmy Timac Agro. Celem pracy było określenie wpływu kondycjonera glebowego Soleflor stosowanego w uprawie kupkówki pospolitej na poprawę aktywności mikrobiologicznej gleby oraz na żywotność i plonowanie roślin.

2. Materiał i metody

Doświadczenie polowe prowadzono w latach 2012–2013 na polu Rolniczego Gospodarstwa Doświadczalnego Brody należącego do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, na glebie utworzonej z piasków gliniastych lekkich (16% udział części spławialnych) o miąższości poziomu próchnicznego wynoszącej ponad 30 cm, odznaczającej się zawartością próchnicy na poziomie 1,24%, odczynem obojętnym oraz wysoką zawartością fosforu (18,2 mg P_2O_5 w 100g s.m. gleby), średnią zawartością potasu (23,4 mg K_2O w 100g s.m. gleby) i niską magnezu (4,65 mg MgO w 100g s.m. gleby).

Doświadczenie założono w układzie bloków losowanych w trzech powtórzeniach. Powierzchnia poletka wynosiła 25 m². Badano wpływ zróżnicowanego stosowania kondycjonera gleby Soleflor w uprawie

kupkówki pospolitej odmiany *Lidavia* na żywotność (koncentracja chlorofilu) i plonowanie kupkówki pospolitej oraz na aktywność mikrobiologiczną i enzymatyczną gleby. Przedplonem dla kupkówki był jęczmień ozimy. Ze względu na schemat kombinacji doświadczalnych, kupkówkę uprawiano w cyklu dwuletnim, a obserwacje prowadzono w obu latach użytkowania.

Soleflor, zgodnie z informacją producenta, jest biokondycjonerem gleby opartym o węglan wapnia (32% CaO). Zawiera magnez (2% MgO), siarkę (11% SO₃), mikroelementy oraz azot amonowy (4% N). Szczególne właściwości preparatu ma zapewnić kompleks „Pheoflore” będący ekstraktem z alg morskich, bogatym w polipeptydy i węglowodany, które wespół z siarką i azotem oraz dzięki zwiększeniu pH gleby, mają za zadanie stymulowanie aktywności mikrobiologicznej gleby.

W doświadczeniu zastosowano następujące kombinacje doświadczalne wyznaczone poziomami nawożenia biokondycjonerem Soleflor (w nawiasie podano nazwy kombinacji stosowane w dalszej części pracy):

- kombinacja kontrolna – brak nawożenia preparatem Soleflor (Soleflor 0),
- nawożenie Soleflor w ilości 300 kg ha⁻¹, stosowane co roku przed rozpoczęciem wegetacji (Soleflor 300),
- nawożenie Soleflor w ilości 600kg ha⁻¹, stosowane co dwa lata, wiosną przed rozpoczęciem wegetacji (Soleflor 600).

Oprócz użyźniacza w każdej kombinacji doświadczalnej zastosowano nawożenie standardowe w ilości: 50 kg N ha⁻¹ (pod każdy odrost) w postaci saletry amonowej (34% N); 80 P kg ha⁻¹ (jednorazowo wiosną) w postaci superfosfatu potrójnego (46% P₂O₅), oraz 120 kg K ha⁻¹ (jednorazowo wiosną) w postaci soli potasowej (60% K₂O).

Wzrostowi i rozwój kupkówki pospolitej zwłaszcza w pierwszym roku badań, towarzyszyły dość korzystne, warunki pogodowe (tab. 1). Umiarkowanym, temperaturom powietrza w poszczególnych miesiącach, towarzyszyły opady na poziomie kilkudziesięciu milimetrów, a czerwiec i lipiec były miesiącami bardzo wilgotnymi. Mało opadów zanotowano w kwietniu ale brak upałów i pewien zapas wody po zimie, sprawiły, że susza nie była aż tak dotkliwa dla roślin. Najgorsze warunki wilgotnościowe panowały jesienią, na co złożyły się mniejsze niż we wcześniejszych miesiącach opady sierpniowe i bardzo małe opady we wrześniu

i w październiku (w roku 2012 praktycznie ich nie było), co mogło mieć wpływ na rozwój ostatniego odrostu. W drugim roku badań okres wegetacji był suchszy i chłodniejszy, a rozpoczęcie wegetacji było opóźnione.

Tabela 1. Warunki atmosferyczne w okresie wegetacji kupkówki pospolitej w RGD Brody w latach 2012 i 2013

Table 1. Weather conditions during the vegetation period of cocksfoot in RGD Brody in the years 2012 and 2013

Miesiąc Month	Średnia temperatura powietrza (°C) Average air temperature (°C)		Suma opadów (mm) Total rainfall (mm)	
	2012	2013	2012	2013
III	5,7	-2,5	20,0	12,0
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	13,4	12,5	-	-
Suma opadów Total rainfall	-	-	542,5	385,9

W obu latach badań zbierano po trzy odrosty runi. W roku 2012 I odrost zbierano 11.07, II – 04.09, a III – 09.10. W roku następnym zbiory odbywały się w dniach: 20.05 (I odrost), 17.07 (II odrost) i 23.09 (III odrost).

Bezpośrednio przed zbiorem poszczególnych odrostów przy użyciu chlorofilomierza (N-tester) określano stopień odżywienia roślin (żywotność) na podstawie pomiarów koncentracji chlorofilu w blaszkach liściowych, wyrażonej wartością SPAD czyli indeksem zieloności liścia [8]. Po zbiorze runi określano plony suchej masy, metodą suszarkowo-wagową w oparciu o ukosy próbne z powierzchni 7,5 m² dla każdego poletka.

Materiałem do analiz mikrobiologicznych i określenia odczynu była gleba pobierana z warstwy 0–20 cm profilu glebowego, bezpośrednio przed zbiorem poszczególnych odrostów runi, wyznaczonego dojrzałością pastwiskową.

Liczebności poszczególnych grup drobnoustrojów określano metodą płytek lanych:

- ogólną ilość bakterii (CFU g⁻¹s.m. gleby) oznaczano po 5 dniach inkubacji w temp 28°C na podłożu Merck – 101621 standard count agar [17],
- grzyby oznaczano na podłożu Martina [15] po 5 dniach inkubacji w temperaturze 24°C,
- promieniowce oznaczano na pożywce wg. Poschona, po 5 dniach inkubacji w temperaturze 25°C [9],
- mikroorganizmy koptroficzne liczone na podłożu BO (bulion odżywczy), po siedmiu dniach inkubacji w temperaturze 28°C [9],
- mikroorganizmy oligotroficzne liczone na podłożu RBO (rozcieńczony bulion odżywczy) po 14 dniach inkubacji w temperaturze 28°C [9].

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 – chlorek trifenyloctetrazoliowy), po 24-godzinnej inkubacji w temperaturze 30°C, przy długości fal 485 nm i wyrażano w $\mu\text{mol TPF}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot 24\text{h}^{-1}$ s.m gleby [26]. Aktywności fosfataz (alkalicznej i kwaśnej) oznaczano metodą Tabatabaei i Bremnera [25] z zastosowaniem jako substratu PNPP (paranitrofenylofosforanu), po 1-godzinnej inkubacji w temperaturze 37°C, przy długości fali 400 nm i wyrażano w $\mu\text{mol PNP}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ s.m gleby.

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

Ponieważ w większości przypadków wpływ nawożenia na badane parametry zmieniał się w poszczególnych odrostach i latach, analizę statystyczną przeprowadzono osobno dla każdego odrostu.

3. Wyniki badań i dyskusja

Nawożenie preparatem Soleflor miało istotny wpływ na żywotność kupkówki wyrażoną wartością indeksu SPAD w obu latach badań i niemal we wszystkich odrostach (tab. 2 i 3). W pierwszym roku badań koncentracja chlorofilu w blaszkach liściowych kupkówki wzrastała wraz

z coraz wyższymi dawkami Soleflor. Najwyższą żywotnością, tak w poszczególnych odrostach, jak i w odniesieniu do średniej całorocznej, charakteryzowała się kupkówka z kombinacji nawożonej najwyższą dawką kondycjonera Soleflor – 600 kg ha^{-1} . Średnia wartość indeksu SPAD z trzech odrostów tej kombinacji wyniosła 522. Z kolei najniższą wartość (501) indeks SPAD przyjmował u kupkówki rosnącej w kombinacji kontrolnej. Zastosowane nawożenie dawką 300 kg ha^{-1} Soleflor przełożyło się na pośrednią wartość indeksu zieloności liści (średnio 509). Jedynie w II odroście wartość SPAD dla tej kombinacji doświadczalnej była najniższa w porównaniu z pozostałymi kombinacjami. Z kolei w III odroście różnice, choć wyraźne okazały się nieistotne statystycznie.

W drugim roku badań (tab.3), trend z pierwszego roku nie został zachowany. Okazało się, że rośliny z kombinacji Soleflor 300 odznaczały się wyższymi wartościami indeksu SPAD nie tylko w odniesieniu do kombinacji kontrolnej (Soleflor 0) ale także do kombinacji, w której zastosowano najwyższą dawkę biokondycjonera (Soleflor 600). Co więcej, w blaszkach liściowych kupkówki pospolitej pochodzących z kombinacji Soleflor 600, we wszystkich odrostach, stwierdzano najniższe wartości indeksu SPAD – średnio 521, a więc również niższe niż w kontroli – 536.

Należy przypomnieć, że zgodnie z układem doświadczenia, w drugim roku badań kombinacja Soleflor 600 nie była w ogóle nawożona biokondycjonerem. Czyli dawka nawozu w pierwszym roku w tej kombinacji była dwukrotnie wyższa niż w kombinacji Soleflor 300 ale w drugim roku sytuacja była zupełnie inna, bowiem w kombinacji Soleflor 300 ponownie zastosowano nawożenie biokondycjonerem, a w Soleflor 600 nie. Zatem mimo, że łącznie, na przestrzeni dwóch lat, nawożenie było takie samo w tych kombinacjach ($600 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) to okazuje się, że Soleflor słabo działa „na zapas”, a wręcz w drugim roku po obfitej dawce tego preparatu koncentracja chlorofilu w blaszkach liściowych kupkówki była w każdym odroście istotnie niższa niż w kombinacji kontrolnej czyli nienawożonej preparatem w ogóle.

Podobny efekt nawożenia preparatem Soleflor zaobserwowano w odniesieniu do plonowania kupkówki. W tabeli 4 przedstawiono łączne plony z trzech odrostów runi w poszczególnych kombinacjach ale taki sam rozkład miał miejsce w poszczególnych odrostach. W pierwszym roku badań obie kombinacje z Soleflor dawały wyższe plony kupkówki niż kontrola, przy czym im dawka nawozu wyższa tym wyższy był plon

runi: Soleflor 300 – wzrost plonowania o 6%, Soleflor 600 – wzrost plonowania o 12% w odniesieniu do kontroli.

Tabela 2. Zmiany indeksu SPAD w blaszkach liściowych kupkówki pospolitej pod wpływem zróżnicowanych dawek biokondycjonera gleby Soleflor w pierwszym roku badań (2012r.)

Table 2. Changes of the SPAD index in cocksfoot leaves under the influence of different doses of Soleflor in the first year of research (2012)

Kombinacja doświadczalna Experimental combination	I odrost 1 st re-growth	II odrost 2 nd re-growth	III odrost 3 rd re-growth	Średnia Mean
Soleflor 0	459	542	514	501
Soleflor 300	469	537	521	509
Soleflor 600	478	561	528	522
NIR-LSD _{0,05}	3,63	3,53	7,38	-

Tabela 3. Zmiany indeksu SPAD w blaszkach liściowych kupkówki pospolitej pod wpływem zróżnicowanych dawek biokondycjonera gleby Soleflor w drugim roku badań (2013r.)

Table 3. Changes of the SPAD index in cocksfoot leaves under the influence of different doses of Soleflor in the second year of research (2013)

Kombinacja doświadczalna Experimental combination	I odrost 1 st re-growth	II odrost 2 nd re-growth	III odrost 3 rd re-growth	Średnia Mean
Soleflor 0	519	567	524	536
Soleflor 300	541	572	546	553
Soleflor 600	492	551	521	521
NIR-LSD _{0,05}	4,40	3,93	2,80	x

W drugim roku uzyskane plony runi były znacznie wyższe, niż w pierwszym, przekraczając we wszystkich kombinacjach poziom 500 dt zielonej masy z hektara. Najwyższy plon z trzech odrostów (58,02 t z.m.) zebrano z kombinacji Soleflor 300. Na drugim miejscu, pod względem plonowania, znalazła się kombinacja kontrolna, gdzie aplikowano wyłącznie nawożenie standardowe NPK bez Soleflor, a dopiero na trzecim kombinacja Soleflor 600. A więc najwyższa dawka Soleflor stosowana raz na dwa lata, w drugim roku po nawożeniu dawała wyraźnie gorszy

efekt od corocznego nawożenia połową tej dawki i nieco gorszy nawet niż zupełny brak nawożenia tym preparatem.

Tabela 4. Wpływ stosowania zróżnicowanych dawek Soleflor na plonowanie kupkówki pospolitej ($t \cdot ha^{-1}$ z.m.)

Table 4. The effect of different doses of Soleflor on the yield of cocksfoot ($t \cdot ha^{-1}$ GM)

Kombinacja doświadczalna Experimental combination	Rok Year 2012	Rok Year 2013
Soleflor 0	24,71	54,45
Soleflor 300	26,21	58,02
Soleflor 600	27,68	52,50
NIR-LSD _{0,05}	0,057	0,038

Wyniki przedstawione w tabeli 5 pokazują, że zastosowanie biokondycjonera Soleflor w uprawie kupkówki w niewielkim stopniu modyfikuje pH gleby. Odczyny wszystkich analizowanych prób glebowych były zbliżone, a różnice statystycznie nieistotne. Warto jednak zauważyć wyraźną tendencję, polegającą na tym że w obu latach badań i w każdym odroście pH gleby w kombinacji Soleflor 600/0 było najwyższe. Według Myśkowa [18] nawet nieduże zmiany odczynu gleby, od 0,2 do 0,6 jednostki mogą wpływać tak na ilość drobnoustrojów glebowych jak i aktywność enzymatyczną gleby. Na podstawie dwuletnich wyników badań nie można jednoznacznie stwierdzić deklarowanego przez producenta istotnego wpływu preparatu na podniesienie odczynu gleby, zwłaszcza, że gleba na której założono doświadczenie już wcześniej wyróżniała się wysokim pH – powyżej 6,0. Należy przypuszczać, iż z uwagi na skład preparatu (Soleflor zawiera przede wszystkim węglan wapnia), jego regularne stosowanie sprzyjać będzie utrzymywaniu optymalnego odczynu gleby i wyeliminuje potrzebę stosowania klasycznego wapnowania odkwaszającego. Zabiegi te są bardzo istotne szczególnie w kontekście przeciwdziałania jednej z antropogenicznych przyczyn zakwaszania gleby jakim jest m.in. nawożenie azotowe [6].

Dynamikę liczebności wybranych grup drobnoustrojów glebowych pod kupkówką w zależności od zastosowanego nawożenia Soleflor przedstawiono w tabelach 6–7.

Tabela 5. Wpływ zastosowanych kombinacji doświadczalnych na odczyn gleby
Table 5. The effect of the applied experimental combination on soil pH

Kombinacja doświadczalna Experimental combination	Odrost Regrowth	pH (H ₂ O)	
		2012	2013
Soleflor 0	I	6,34	6,53
	II	6,50	6,43
	III	6,51	6,48
Soleflor 300	I	6,40	6,64
	II	6,61	6,56
	III	6,39	6,53
Soleflor 600	I	6,78	6,74
	II	6,70	6,66
	III	6,75	6,82

Analiza uzyskanych wyników wykazała, że najsilniejszy wpływ na liczebność drobnoustrojów glebowych miał rok badań. Wszystkie badane grupy drobnoustrojów, z wyłączeniem grzybów, większą liczebność wykazywały najczęściej w drugim roku badań, mimo nieco mniej korzystnych warunków pogodowych (tab. 1). Przyczyn należy niewątpliwie doszukiwać się w biologii kupkówki, która jako trawa wieloletnia w drugim roku osiąga pełnię rozwoju [12] – rośliny są większe, posiadają silniejsze systemy korzeniowe, produkują więcej wydzielin korzeniowych, a do gleby trafia więcej ich obumarłych tkanek itp., co z kolei przekłada się na większą dostępność składników odżywczych dla drobnoustrojów glebowych [1, 24, 29].

Najsilniej i najbardziej jednoznacznie wzrostem liczebności populacji na nawożenie preparatem Soleflor reagowały bakterie ogółem i promieniowce. W ich przypadku tendencja ta obserwowana była w większości odrostów, a różnice były na ogół statystycznie istotne. W przypadku ogólnej liczby bakterii wpływ Soleflor był wyraźny zwłaszcza w pierwszym roku badań i był tym silniejszy im wyższa ilość preparatu była zastosowana. W drugim roku zależność ta potwierdziła się tylko w drugim odroście. Promieniowce z kolei najsłabiej odpowiadały na nawożenie Soleflor w trzecim odroście.

Tabela 6. Wpływ zastosowanych kombinacji doświadczalnych na liczebność wybranych grup drobnoustrojów glebowych w darni kupkówki pospolitej
Table 6. The effect of applied experimental combinations on the number of bacteria in dactylis glomerata turf

Kombinacja doświadczalna Experimental combination	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)		Grzyby Fungi (n · 10 ⁴)		Oligotrofy Oligotrophs (n · 10 ⁵)		Kopiotrofy Copiotrophs (n · 10 ⁵)	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Odrost I – 1 st regrowth										
Soleflor 0	20,5 a	55,6 a	40,9 a	44,1 a	11,0 a	26,5 a	31,9 a	181,1 b	21,3 a	70,2 a
Soleflor 300	31,3 ab	59,1 a	41,6 a	53,9 b	17,3 a	20,1 a	43,8 b	160,5 ab	27,3 a	117,0 b
Soleflor 600	30,8 b	58,0 a	36,2 a	56,0 b	11,7 a	20,1 a	31,1 a	139,0 a	28,1 a	59,3 a
Odrost II – 2 nd regrowth										
Soleflor 0	23,9 a	32,8 a	31,2 a	46,0 a	19,3 a	8,3 a	47,9 b	45,7 b	15,3 a	47,3 a
Soleflor 300	40,1 b	52,9 b	39,4 b	49,3 a	22,9 a	24,7 b	31,7 a	19,3 a	22,5 a	81,5 a
Soleflor 600	36,8 b	75,2 c	44,7 b	64,2 b	24,6 a	8,5 a	37,6 a	24,9 a	26,7 a	62,0 a
Odrost III – 3 rd regrowth										
Soleflor 0	12,0 a	22,7 a	20,2 a	27,7 a	25,0 a	12,6 a	42,2 b	36,0 a	16,1 a	24,1 a
Soleflor 300	39,6 b	19,9 a	20,5 a	26,8 a	22,8 a	10,1 a	15,1 a	30,0 a	17,5 a	23,8 a
Soleflor 600	40,1 b	19,1 a	26,6 a	25,3 a	28,5 b	9,6 a	30,3 ab	38,6 a	16,5 a	20,9 a

Liczebność i aktywność mikroorganizmów uwarunkowana jest wieloma czynnikami. Jednak głównym jest dostępność materii organicznej. Skład mikroorganizmów może być istotnym wyznacznikiem tempa rozkładu materii organicznej i obiegu składników pokarmowych oraz ich dostępności w glebach [1,27].

Promieniowce to drobnoustroje bardzo powszechne w glebach rolniczych, związane silnie ze strefą ryzosferową. Dzięki produkowaniu różnych enzymów (celulaz, chitynaz, ksylanaz) uczestniczą w rozkładzie

szczałków roślinnych i zwierzęcych oraz grzybów [14]. Zwiększanie się zatem ich liczebności pod wpływem nawożenia kondycjonerem Soleflor, jest wskaźnikiem korzystnie przemawiającym za stosowaniem tego preparatu, ponieważ jak podaje Marcinowska [14] promieniowce to jedne z drobnoustrojów silniej zaświadczających o żyzności gleby. Według autorki promieniowce saprofityczne są bardzo liczną grupą drobnoustrojów i najintensywniej rozkładają substancję organiczną w warunkach niskiej wilgotności.

Tabela 7. Stosunek oligotrofów do kopiotrofów (O:K) w darni kupkówki pospolitej
Table 7. Proportion of oligotrophs to copiotrophs (O:K) in *Dactylis glomerata* turf

Odrost Regrowth	Kombinacja doświadczalna Experimental combination	O:K	
		2012	2013
I	Soleflor 0	1,5	2,6
	Soleflor 300	1,6	1,4
	Soleflor 600	1,1	2,3
II	Soleflor 0	3,1	1,0
	Soleflor 300	1,4	0,2
	Soleflor 600	1,4	0,4
III	Soleflor 0	2,6	1,5
	Soleflor 300	0,9	1,3
	Soleflor 600	1,8	1,8

W przypadku kopiotrofów i grzybów wpływ preparatu Soleflor na ich liczebność był mniej jednoznaczny, nieregularny i na ogół statystycznie nieistotny. Ale i w odniesieniu do tych dwóch grup drobnoustrojów można w niektórych odrostach zauważyć większą liczebność w kombinacjach z Soleflor. Szczególnie w drugim odroście (w przypadku kopiotrofów także w pierwszym), odpowiedź na nawożenie Soleflor jest taka sama jak żywotność czy plonowanie roślin czyli w pierwszym roku wzrost liczebności proporcjonalnie do nawożenia, a w drugim roku najwyższa liczebność w kombinacji Soleflor 300, a więc jedynej nawożonej, w tym roku, preparatem. Powodem tej sytuacji jest zapewne większy dopływ świeżej masy organicznej do gleby w postaci resztek roślin, tam gdzie rozwijają się one bujniej. Silniejszy rozwój roślin, lepsze ich odżywienie, bujniejszy system korzeniowy, a co za tym idzie większe i bogatsze wydzieliny korzeniowe – wszystkie te czynniki niewątpliwie

wpływały na liczebność koptotrofów. Koptotrofy są bowiem bakteriami, których rozwój uwarunkowany jest dopływem świeżej, łatwo przyswajalnej materii organicznej. W przeciwieństwie do oligotrofów, koptotrofy przetwarzają materię organiczną w sposób bardzo mało ekonomiczny, przy dużych stratach węgla, a ich liczebność spada po wykorzystaniu łatwo dostępnego substratu pokarmowego [27, 29].

Podobną rolę w ekologii gleby odgrywają grzyby saprofityczne, uruchamiając obieg pierwiastków biogennych obecnych w martwej substancji organicznej, a więc ich liczebność również związana jest z dopływem tejże substancji [28, 29].

Oligotrofy, tymczasem, okazały się grupą drobnoustrojów reagującą na nawożenie preparatem Soleflor spadkiem liczebności. Tendencja ta zaobserwowana została wprawdzie tylko w niektórych odrostach ale różnice pomiędzy kombinacjami były istotne. Efekt ten wynika najprawdopodobniej z negatywnej reakcji oligotrofów na zbyt duże stężenie prostych związków węgla w środowisku glebowym [19, 27], a Soleflor wnosi je w postaci bogatego w polipeptydy i węglowodany wyciągu z alg morskich.

Reakcja kopio- i oligotrofów na nawożenie biokondycjonerem Soleflor sprawia, że w jego efekcie zmniejsza się współczynnik O:K wynikający ze stosunku ilościowego oligotrofów do koptotrofów – jeden z parametrów charakteryzujących stan mikrobiologiczny gleby, co widoczne jest niemal w każdym odroście obu lat badań (tab. 7). Stosunek oligotrofów do koptotrofów ma szczególne znaczenie w aspekcie utrzymania materii organicznej w glebie, ze względu na ekonomiczne przetwarzanie substratu energetycznego przez oligotrofy. Zdaniem Weyman-Kaczmarkowej i Pędziwilk [27] powyższa dominacja jest niezbędna dla zachowania stałego poziomu glebowej materii organicznej i świadczy o zachowaniu równowagi biologicznej gleby. W tym kontekście trudno jest stwierdzić, który ze sposobów nawożenia kupkówki przedstawia się najkorzystniej.

Obraz liczebności poszczególnych grup, taksonomicznych czy ekologicznych, drobnoustrojów glebowych w darni kupkówki pospolitej, obserwowany na przestrzeni dwóch lat trwania doświadczenia pokazuje, że jest on bardzo zmienny, a złożony wpływ różnych czynników sprawia, że kierunek tych zmian jest często niejednoznaczny i trudny do przewidzenia. Stąd też uchwycenie wpływu czynnika stosunkowo słabo przekształcającego właściwości siedliska glebowego, jakim jest nawożenie preparatem Soleflor, na liczebności wybranych grup drobnoustrojów

glebowych, w warunkach doświadczenia polowego, nie jest łatwe. Tym niemniej udało się zaobserwować i wykazać, że biokondycjoner Soleflor spełnia rolę aktywatora życia mikrobiologicznego gleby, mimo, że doświadczenie prowadzono na glebie żyznej, o wysokim pH i dość wysokiej zasobności w składniki pokarmowe, stosując jednocześnie standardowe nawożenie NPK.

Potwierdzenia powyższej tezy poszukiwano również poprzez badania aktywności enzymatycznej gleby (tab. 8). Okazuje się, że aktywność enzymatyczna, podobnie jak liczebność drobnoustrojów glebowych, była zwykle wyższa, często bardzo wyraźnie, w drugim roku badań. Różniła się także pomiędzy kolejnymi odrostami, przy czym w pierwszym była z reguły najniższa. Natomiast nie stwierdzono żadnego wpływu biokondycjonera Soleflor na aktywność enzymatyczną gleby, ani w pierwszym, ani w drugim roku badań. Różnice aktywności badanych enzymów w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych są słabo zaznaczone, niejednoznaczne i prawie zawsze nieistotne statystycznie.

Aktywność enzymatyczna jest jednym z parametrów opisujących jakość gleby pod względem biologicznym [4]. Jednym z najczęściej badanych enzymów jest kompleks dehydrogenaz. Ich aktywność uznawana jest za dobry wskaźnik wykorzystywany przy ocenie wpływu nawożenia na aktywność mikrobiologiczną gleby [13]. 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 [20].

W niniejszych badaniach aktywność dehydrogenaz była podobna we wszystkich kombinacjach doświadczalnych, a różnice statystycznie nieistotne. Powodem jest prawdopodobnie wysoka żyzność wyjściowa gleby. Lepszym wskaźnikiem aktywności mikrobiologicznej okazała się ogólna liczba bakterii.

Również aktywności fosfataz – kwaśnej i zasadowej, były bardzo podobne do siebie w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych. Jako, że są to enzymy zewnątrzkomórkowe, katalizujące reakcje odczepiania reszty fosforanowej od związków organicznych ich aktywność jest silnie uzależniona od ilości materii organicznej w glebie [4, 5].

Tabela 8. Wpływ zastosowanych kombinacji doświadczalnych na aktywność enzymatyczną gleby

Table 8. The effect of applied experimental combinations on enzymatic activity of soil

Kombinacja doświadczalna Experimental combination	Dehydrogenazy ($\mu\text{mol TPF} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m. gleby} \cdot 24\text{h}^{-1}$) Dehydrogenases ($\mu\text{mol TPF} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ DM of soil} \cdot 24\text{h}^{-1}$)		Fosfataza zasadowa ($\mu\text{mol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m. gleby} \cdot \text{h}^{-1}$) Alcaline phosphatase ($\mu\text{mol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ DM of soil} \cdot \text{h}^{-1}$)		Fosfataza kwaśna ($\mu\text{mol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s.m. gleby} \cdot \text{h}^{-1}$) Acid phosphatase ($\mu\text{mol PNP} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ DM of soil} \cdot \text{h}^{-1}$)	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
	Odrost I – 1 st regrowth					
Soleflor 0	1,24 a	5,68 a	48,13 a	63,43 a	40,40 a	100,20 a
Soleflor 300	1,55 a	5,59 a	52,70 b	63,80 a	33,20 a	82,90 a
Soleflor 600	1,23 a	6,24 a	46,77 a	63,53 a	27,00 a	97,50 a
Odrost II – 2 nd regrowth						
Soleflor 0	1,08 a	18,76 b	88,60 a	154,50 a	37,80 a	130,10 a
Soleflor 300	1,12 a	9,87 a	75,30 a	125,47 a	45,10 a	142,33 a
Soleflor 600	1,52 a	13,50 ab	88,30 a	111,53 a	34,40 a	118,00 a
Odrost III – 3 rd regrowth						
Soleflor 0	10,79 a	2,28 a	81,80 a	82,17 a	77,10 a	105,00 a
Soleflor 300	10,91 a	1,85 a	79,50 a	108,17 a	80,20 a	100,57 a
Soleflor 600	8,94 a	3,96 a	79,00 a	117,80 a	75,50 a	114,10 a

4. Podsumowanie

Pozytywne efekty stosowania polepszaczy glebowych w uprawach odnotowali w swoich badaniach, między innymi: Sosnowski i Janowski [22]; Sulewska i wsp. [23] i Wojtala-Łozowska i Parylak [30].

Nierzadkie są też opinie negatywne, wskazujące na brak efektów stosowania użyźniaczy i polepszaczy glebowych w uprawach polowych i podważających ich przydatność do stosowania w rolnictwie [16,21]. Powodów takiej opinii może być wiele – od nieprawidłowej aplikacji, poprzez zbyt krótki okres stosowania, po rzeczywistą nieprzydatność, zwłaszcza w warunkach intensywnego rolnictwa i dużej żyzności gleb. Należy zauważyć, że zdecydowana większość tych preparatów wywodzi się z krajów o zdecydowanie cieplejszym klimacie i dłuższym okresie wegetacji (np. Hiszpania, Francja). W naszych warunkach ostra i długotrwała zima, letnie susze i upały, występujące na przemian z okresami chłódów są niewątpliwie czynnikami wybitnie ograniczającymi, zwłaszcza wobec komponentów biologicznych tych preparatów.

Nawóz Soleflor został opracowany i wprowadzony na rynek przez francuską firmę Timac. Założeniem dla jego stosowania jest poprawa żyzności gleby oraz uaktywnienia w niej życia mikrobiologicznego, które uległo degradacji na skutek zaniedbań i błędów agrotechnicznych. Dodatkowym elementem działania Soleflor ma być sukcesywne zwiększanie dostępności pierwiastków zawartych w glebie, a niedostępnych dla roślin.

Na podstawie uzyskanych wyników z zakresu plonowania można stwierdzić, że zalecany we Francji sposób nawożenia na zapas dawką 600 kg Soleflor na 1 ha, co dwa lata, nie zdaje egzaminu w warunkach naszego kraju. Również aspekt ekonomiczny – wyższe koszty jakie trzeba ponieść w pierwszym roku stosowania preparatu i brak efektów przy braku nawożenia w roku następnym, zniechęca do takiego stosowania. Obiecujące natomiast okazało się zastosowanie Soleflor w wysokości 300 kg ha⁻¹ corocznie, łącznie ze standardowym nawożeniem NPK – w obu latach uzyskano większe plonowanie.

W kontekście liczebności drobnoustrojów oba sposoby stosowania Soleflor okazały się korzystne, choć zwykle kombinacja Soleflor 600 przynosiła lepszy efekt.

Należy zauważyć, że zaobserwowane efekty stosowania Soleflor, choć niewielkie, to uzyskane w warunkach gleby żyznej, o wysokim pH i dość zasobnej w składniki pokarmowe. Prawdopodobnie byłyby znacznie wyraźniejsze gdyby warunki kontrolne były gorsze – zwłaszcza na glebach kwaśnych i ubogich.

Literatura

1. **Badura L.:** *Czy znamy wszystkie uwarunkowania funkcji mikroorganizmów w ekosystemach łąkowych?* Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych. 53(264–265), 373–379 (2004).
2. **Barszczewski J., Ducka M.:** *Bilans wybranych makroskładników łąki trwałej nawożonej nawozami mineralnymi i naturalnymi.* Woda Środowisko Obszary Wiejskie. 12, 1(37), 7–17 (2012).
3. **Barszczewski J., Jankowska-Huflejt H., Prokopowicz J.:** *Bilanse azotu, fosforu i potasu w gospodarstwach ekologicznych o dużym udziale łąk i pastwisk.* Woda Środowisko Obszary Wiejskie. 6, 1(16), 35–46 (2006).
4. **Bielińska E.J., Futa B., Mocek-Plóćiniak A.:** *Enzymy glebowe jako bioindykatory jakości i zdrowotności gleby.* Monografia naukowa, Lublin 2014.
5. **Corstange R., Reddy K.R.:** *Microbial indicators of nutrient enrichment.* Soil Soc. Am. J. 70, 1652–1661 (2006).
6. **Filipek T., Skowrońska M.:** *Aktualne dominujące przyczyny oraz skutki zakwaszania gleb użytkowanych rolniczo w Polsce.* Acta Agrophysica. 20(2), 283–294 (2013).
7. **Fotyma M.:** (red.). *Nawożenie fosforem i potasem.* Nawozy-Gleba-Roślina. Synteza badań przeprowadzonych w ramach programu CPBR 3.18. Puławy, IUNG. 50–52 (1991).
8. **Gáborčík N., Zmetáková Z.:** *Chlorophyll (SPAD readings) and nitrogen concentrations in leaves of some forage grasses and legumes.* Łąkarstwo w Polsce. 4, 43–48 (2001).
9. **Hattori R., Hattori T.:** *Sensitivity to salts and organic compounds of soil bacteria isolated on diluted media.* J. Gen. Appl. Microbiol. 26, 1 (1980).
10. **Jończyk K.:** *Skutki produkcyjne i środowiskowe przekształcenia gospodarstwa z konwencjonalnego systemu produkcji na ekologiczny.* Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. 53(3), 112–117 (2008).
11. **Kańska Z., Grabińska-Loniewska A., Łebkowska M., Żechowska E.:** *Ćwiczenia laboratoryjne z biologii sanitarnej.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2001.
12. **Kozłowski S.:** (red.) *Trawy. Właściwości, występowanie i wykorzystanie.* PWRiL, Poznań 2012.
13. **Levyk V., Maryshevych O., Brzezińska M., Włodarczyk T.:** *Dehydrogenase activity of technogenic soils of former sulphur mines (Yavoriv and Nemyriv, Ukraine).* Int. Agrophysics. 21, 255–260 (2007).
14. **Marcinowska K.:** *Charakterystyka, występowanie i znaczenie promieniowców w przyrodzie.* W: Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach, Red. W. Barabasz. Wyd. AR, Kraków. 121 (2002).

15. **Martin J.P.:** *Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi.* Soil Sci. 69, 215 (1950).
16. **Martyniuk S.:** *Skuteczne i nieskuteczne preparaty mikrobiologiczne stosowane w ochronie i uprawie roślin oraz rzetelne i nierzetelne metody ich oceny.* Postępy Mikrobiologii. 50(4), 321–328 (2011).
17. **Merck – Polska.:** 101621 *STANDARD COUNT agar for microbiology*, 1, 2004.
18. **Myśków W.:** *Uwagi metodyczne dotyczące mikrobiologicznych badań gleb uprawnych zróżnicowanych pod wpływem zabiegów agrotechnicznych.* Post. Mikrob. 35(3/4), 319–331 (1986).
19. **Otha H., Hattori T.:** *Bacteria sensitive to nutrient broth medium in terrestrial environments,* Soil Sci. Plant Nutr. 26, 14, 1980.
20. **Piotrowska-Cyplik A., Cyplik P., Czarnecki Z.:** *Measurement of dehydrogenase activity and traditional method of microorganisms count estimation as indicators of microorganisms activity in compost from municipal sewage sludge.* J. Res. Appl. Agric. Eng. 52(4), 22–26 (2007).
21. **Sosnowski J.:** *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 (2012).
22. **Sosnowski J., Jankowski K.:** *Wpływ użyźniacza glebowego na skład florystyczny i plonowanie mieszanek kostrzycy Brauna z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową.* Łąkarstwo w Polsce. 13, 157–166 (2010).
23. **Sulewska H., Szymańska G., Pecio A.:** *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 (2009).
24. **Swędrzyńska D.:** *Effect of inoculation with Azospirillum brasilense on development and yielding of winter wheat and oat under different cultivation conditions.* Poli. J. Environ. Stud. 9(5), 423 (2000).
25. **Tabatabei M.A., Bremner J.:** *Use of p-nitrophenyl phosphate for assays of soil phosphatase activity.* Soil Biol. Biochem. 1, 301 (1969).
26. **Thalman A.:** *Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenase Aktivität in Boden Mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC).* Landwirtsch. Forsch. 21, 249 (1968).
27. **Weyman-Kaczmarkowa W.:** *Interdependencies between oligotrophic and copiotrophic bacteria in soils of different mechanical structure.* Polish J. Soil Sci. 29(1), 65–72 (1996).
28. **Weyman-Kaczmarkowa W., Pędziwilk Z.:** *The development of fungi as affected by pH and type of soil, in relation to the occurrence of bacteria and soil fungistatic activity.* Microbiol. Res. 155, 107 (2000).

29. **Wielgosz D. A., Szember A.:** *Wpływ wybranych roślin na liczebność i aktywność drobnoustrojów glebowych.* Ann. Univ. Marie Curie-Skłodowska sect. E, 61, 107–119 (2006).
30. **Wojtala-Łozowska L., Parylak D.:** *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 (2010).

Influence of the Soleflor Soil Bioconditioner on the Microbiological State of Soil and the Vigour and Yield of Orchard Grass (*Dactylis glomerata* L.)

Abstract

Monocultures, nearly 100% share of cereals in crop rotation, the absence of intercrops, one-sided NPK mineral fertilisation and the absence of organic fertilisation are some characteristic phenomena in contemporary agriculture. They lead to numerous unfavourable changes in the natural environment, ranging from impoverished agricultural landscape and its biodiversity to degraded biological properties and fertility of soil. One of the methods improving the functioning of such soils is the application of soil bioconditioners and improvers. They are supposed to improve the soil structure, increase the microbiological activity and, what is particularly important in organic farming, they are supposed to increase the bioavailability of mineral components, such as phosphorus and potassium, from the soil resources which are inaccessible to plants.

We conducted a two-year experiment on an orchard grass plantation in a randomised block design. We studied the influence of the Soleflor soil bioconditioner on the soil pH, its bioactivity (the count of selected groups of soil microorganisms, the enzymatic activity), the plant vigour expressed with the SPAD index and the sward yield. The experimental factor was the quantity and frequency of use of the Soleflor bioconditioner. The factor was applied at three levels, i.e. the bioconditioner not applied, 300 kg·ha⁻¹ of the bioconditioner applied annually in spring before the vegetation period, 600 kg·ha⁻¹ of the bioconditioner applied once in two years in spring before the vegetation period. Identical standard NPK fertilisation was applied in each experimental combination.

Soleflor is a preparation based on calcium carbonate enriched with sulphur, magnesium, polypeptides and carbohydrates. It proved to have minimal but noticeable influence on the soil pH, especially in the combination with 600 kg·ha⁻¹ of Soleflor. If the conditioner is applied regularly for many years, it will undoubtedly reduce the soil acidity. However, it is noteworthy that the experiment was conduct-

ed in a soil with high pH, which was close to neutral. If the conditioner had been applied in a soil with lower pH, the increase in pH would have been more effective in view of the requirements of plants and soil microorganisms.

The influence of the Soleflor bioconditioner on the count of microorganisms was noticeable when there was a high total count of bacteria and high population of actinomyces. The quantities of both groups of microorganisms increased in combinations with Soleflor. Although the differences were not always statistically significant, the trend was noticeable and unequivocal.

The enzymatic activity of soil was the biological parameter of soil with very equivocal and low reactions to Soleflor fertilisation.

The strongest reaction to Soleflor was observed in plants. The application of the bioconditioner regularly increased both the vigour and yield of orchard grass.

Słowa kluczowe:

aktywność enzymatyczna gleby, biokondycjoner glebowy, *Dactylis glomerata*, mikroorganizmy glebowe, Soleflor

Keywords:

Dactylis glomerata, enzymatic activity of soil, soil bioconditioner, soil microorganisms, Soleflor