

Jacek Sosnowski*, Kazimierz Jankowski*, Grażyna Anna Ciepiela*,
Beata Wiśniewska-Kadżajan*, Janusz Deska*

**WPLYW FITOHORMONÓW I ZRÓŻNICOWANYCH DAWEK AZOTU
STOSOWANYCH W UPRAWIE *FESTULOLIUM BRAUNII* Z KONICZYNĄ
ŁĄKOWĄ NA LICZEBNOŚĆ MIKROORGANIZMÓW GLEBOWYCH**

**IMPACT OF PHYTOHORMONES AND DIFFERENT NITROGEN DOSES
USED IN CULTIVATION *FESTULOLIUM BRAUNII* WITH RED CLOVER
ON THE NUMBERS OF SOIL MICROORGANISMS**

Słowa kluczowe: ogólna liczebność bakterii, ogólna liczebność promieniowców, ogólna liczebność grzybów, dawka azotu, hormony roślinne.

Key words: total number of bacteria, the total number of actinomycetes, total number of fungi, nitrogen, dose phytohormones.

Streszczenie

Przeprowadzone badania dotyczyły liczebności mikroorganizmów zasiedlających warstwę próchniczną i podorną gleby spod uprawy mieszanek *Festulolium braunii* z koniczyną łąkową, którą zasilano zróżnicowanymi dawkami azotu i biostymulatorem opartym na fitohormonach. Azot zastosowano na czterech poziomach: kontrola (bez azotu), 50, 100 i 150 kg N·ha⁻¹, a biostymulator na dwóch poziomach: kombinacje bez preparatu i z preparatem. Materiał glebowy do przeprowadzenia oceny liczebności poszczególnych grup mikroorganizmów pobrano z każdego poletka eksperymentalnego jesienią (październik) w 2010 roku z poziomu próchnicznego (0–20 cm i warstwy podoranej (20–40 cm). Analizę prób glebowych na ogólną liczebność bakterii, promieniowców i grzybów przeprowadzono w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej IUNG-PIB w Puławach. Badania wykazały, że więcej kolonii bakterii, promieniowców i grzybów zasiedlało poziom próchniczny. Zastosowanie biostymulatora w uprawie spowodowało spadek ogólnej liczby kolonii wszystkich grup mikroorgani-

* Dr inż. Jacek Sosnowski, prof. dr hab. Kazimierz Jankowski, dr. hab. Grażyna Anna Ciepiela, prof. nadzw., dr inż. Beata Wiśniewska-Kadżajan, dr Janusz Deska – Wydział Przyrodniczy, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, ul. Prusa 14, 08–110 Siedlce; e-mail: laki@uph.edu.pl

zmów glebowych. Zwiększanie dawki azotu mineralnego do $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ przyczyniło się do ograniczenia liczebności kolonii bakteryjnych a intensyfikowało rozwój grzybów glebowych. Promieniowce najliczniej zasiedlały glebę z poletek nawożonych dawką 50 i $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Summary

The study concerned the number of microorganisms colonizing the humus layer and the the soil under the cultivation of Festulolium braunii mixtures fed meadow with red clover sipped with different nitrogen dose and with biostimulator based phytohormons. Nitrogen was applied at four levels: control (no nitrogen), 50, 100 and $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Biostimulator was used on two levers: combinations without preparation, and with preparation. Soil material to assess the number of individual groups of microorganisms was collected from each experimental plot in the autumn (October) 2010 from the humus level (0–20 cm) and from subsoil horizon (20–40 cm). Analysis of soil samples for a total number of bacteria, actinomycetes and fungi were done in the Department of Agricultural Microbiology IUNG-PIB in Pulawy. Studies have shown that more colonies of bacteria, actinomycetes and fungi was colonized the humus horizon. Application of biostimulator in the cultivation caused a decrease of the total number of colonies of all groups of soil microorganisms. Increasing doses of mineral nitrogen to $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ caused the reduce of bacterial colonies number and intensified the development of soil fungi. Actinomycetes most often inhabited soil from plots fertilized with 50 and $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

1. WPROWADZENIE

Do głównych czynników wpływających na rozwój mikroflory glebowej należy zaliczyć: skład granulometryczny utworu glebowego, zawartość węgla organicznego, odczyn gleby, wilgotność gleby i jej temperaturę [Kucharski, Wyszowska 2010]. Właściwości mikrobiologiczne mogą być także w różnym stopniu kształtowane sposobem użytkowania gleby [Kucharski, Wyszowska 2001] oraz gatunkiem, odmianą i fazą rozwojową uprawianych roślin [Trasar-Cepeda i in. 1998; Jodełka i in. 2008; Skwarzyło-Bednarz 2008; Wyszowska i in. 2009].

Jak wynika z badań [Kucharski, Wyszowska 2010; Jodełka i in. 2008, 2011] duże znaczenie w kształtowaniu liczebności poszczególnych grup mikroorganizmów mają także zabiegi agrotechniczne związane z zasilaniem upraw. Nasuwa się zatem pytanie, czy i w jakim stopniu traktowanie roślin biostymulatorami opartymi na hormonach wpływa na zasiedlanie środowiska glebowego kolonii bakterii, promieniowców i grzybów oraz jak kształtują się wzajemne relacje ilościowe tych drobnoustrojów. Według Matysiak i Adamczewskiego [2006], jednym z tego typu preparatów stosowanym w uprawach rolniczych i sadowniczych jest Kelpak, który wspomaga procesy przystosowywania się roślin do warunków stresowych i zwiększa ich odporność na suszę, braki składników odżywczych oraz zasolenie

gleby. Ponadto według Matysiak i Adamczewskiego, korzystne działanie Kelpaka na rośliny przejawia się przede wszystkim zwiększeniem ich produktywności i jakości uzyskanego plonu. W literaturze podaje się [Verkleij 1992; Zodape 2001], że w wielu regionach świata, hormony roślinne stosowane są w uprawach ryżu, zbóż, rzepaku, kukurydzy, ziemniaków, buraków, lucerny, łubinu, soi, bawełny, trzciny cukrowej, tytoniu, winorośli oraz wielu warzyw i owoców.

Celem pracy było określenie liczebności bakterii, promieniowców i grzybów zasiedlających warstwę próchniczną i podorną gleby spod uprawy mieszanek *Festulolium braunii* z koniczyną łąkową, zasilanych biostymulatorem Klepak i zróżnicowaną dawką azotu.

2. METODYKA

Materiał glebowy poddany analizie mikrobiologicznej pochodził z doświadczenia poletkowego z uprawą *Festulolium braunii* – odmiana Felopa (70%) w mieszance z *Trifolium pratense* – odmiana Parada (30%). Doświadczenie założono w kwietniu roku 2007 w układzie losowanych bloków w 3 powtórzeniach, na obiekcie doświadczalnym Katedry Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni UPH w Siedlcach (współrzędne geograficzne: 52.169°N, 22.280°E). Podłoże pod doświadczenie stanowiła gleba rzędu kulturoziemnych, typu hortisole, wytworzona z piasku słabo gliniastego (tab. 1).

Na podstawie analizy wykonanej w Okręgowej Stacji Chemicznej w Wesolej stwierdzono, że gleba spod badanych upraw odznaczała się odczynem obojętnym (tab. 2), dużą zawartością próchnicy, fosforu i magnezu oraz średnią zawartością przyswajalnych form potasu, azotu ogólnego, azotanowego i amonowego.

Tabela 1. Skład granulometryczny gleby stanowiącej podłoże pod doświadczenie

Table 1. Grain composition of soil used as a subsoil in experiment

Procentowy udział frakcji ziemistych (średnica w mm)								
1–0,1	0,1–0,05	0,05–0,02	0,02–0,06	0,06–0,002	<0,002	suma frakcji 0,1–0,02	suma frakcji <0,02	Grupa granulometryczna
76	9	5	4	4	2	14	10	psg

Tabela 2. Skład chemiczny gleby

Table 2. Chemical composition of soil

pH	Zawartość składników przyswajalnych w mg·kg ⁻¹ gleby			Zawartość w %		Zawartość w mg·kg ⁻¹ s.m. gleby		
	KCl	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	N- ogółem	Próchnica	N-NO ₃	N-NH ₄
6,99	900	190	84		0,18	3,78	10,10	7,47

Powierzchnia poletka eksperymentalnego wynosiła 6 m². W roku siewu prowadzono jedynie pokosy odchwaszczające. Okres pełnego, trzykośnego użytkowania obiektów doświadczalnych przypadał na lata 2008–2010.

Pierwszym elementem doświadczalnym było nawożenie azotem w czterech poziomach: A1 – kontrola (bez azotu), A2 – nawożenie 50 kg N·ha⁻¹, A3 – nawożenie 100 kg N·ha⁻¹, A4 – nawożenie 150 kg N·ha⁻¹. Azot (34% saletra amonowa) zastosowano w trzech dzielonych dawkach, wysiewanych kolejno na każdy odrost.

Drugi element doświadczenia polegał na zastosowaniu biostymulatora o nazwie handlowej Kelpak SL. Doświadczenie to obejmowało dwa etapy: B1 – obiekt kontrolny (bez biostymulatora), B2 – biostymulator zastosowany w dawce 2l·ha⁻¹, rozcieńczony w 350 l wody. Preparat stosowano na wszystkie odrosty w formie oprysku.

Kelpak jest regulatorem wzrostu, w skład którego wchodzi naturalne hormony roślinne, tj. auksyny (11 mg·l⁻¹) i cytokininy (0,03 mg·l⁻¹). Wytwarza się go z brunatnicy *Ecklonia maxima* (z ang. kelp), wydobywanej u wybrzeży Afryki Południowej.

Ponadto na wszystkich poletkach zastosowano potas (60% sól potasowa), który podobnie jak nawożenie azotowe, użyto na odrosty w ilości 120 kg K₂O·ha⁻¹ rocznie. Natomiast fosfor (46% superfosfat) w dawce 80 kg P₂O₅·ha⁻¹ rocznie wysiano jednorazowo wiosną.

Próbki glebowe pobrano z każdego poletka jesienią (październik) 2010 roku, z dwóch poziomów: C1 – warstwy próchnicznej (0–20 cm), C2 – warstwy podorannej (20–40 cm). Analizę prób na ogólną liczebność bakterii, promieniowców i grzybów przeprowadzono w Zakładzie Mikrobiologii Rolniczej IUNG-PIB w Puławach. Stosowano metody i jednostki oznaczeń mikrobiologicznych:

- 1) ogólną liczebność bakterii i promieniowców [10⁷ jtk·g⁻¹·s.m. gleby] oznaczono według metody Wallace i Lockhead [1950],
- 2) ogólną liczebność grzybów [10⁷ jtk·g⁻¹·s.m. gleby] oznaczono według metody Martina [1950].

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej, wykonując analizę wariancji. Zróżnicowanie średnich weryfikowano testem Tukey'a, przy poziomie istotności p ≤ 0,05.

Warunki klimatyczne obszaru prowadzenia badań były typowe dla IX, wschodniej dzielnicy rolniczo-klimatycznej Polski. Średnia roczna temperatura powietrza waha się tu w granicach 6,7–6,9°C, a w okresie letnim średnia dobową temperaturą wynosi 15°C. Opady roczne kształtują się na poziomie 550–650 mm, przy czym nie należą one do częstych, lecz obfitych. Okres wegetacyjny rozpoczyna się w pierwszej dekadzie kwietnia i kończy w trzeciej października, a więc trwa od 200 do 220 dni. Dane meteorologiczne z lat prowadzenia badań uzyskano ze Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej w Siedlcach. W celu określenia czasowej i przestrzennej zmienności elementów meteorologicznych oraz ich wpływu na przebieg wegetacji roślin obliczono natomiast współczynnik hydrometryczny Sielianiowa.

Z danych przedstawionych w tabeli 3 wynika, że najkorzystniejszy rozkład i wielkość opadów, przy optymalnych temperaturach powietrza przypadających na okres wegetacyjny roślin, charakteryzował rok 2009. W roku tym nie występowały miesiące posuszne. Z kolei w pozostałych latach użytkowania eksperymentu odnotowano miesiące z silną i słabą posuchą.

Tabela 3. Wartość współczynnika hydrometrycznego Sielianinowa (K) w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego i latach użytkowania

Table 3. Value of hydrometrical index of Sielianinow (K) in individual months o vegetation

Rok	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2008	0,82	1,34	1,08	1,23	0,54	0,69	1,72
2009	1,03	2,24	1,03	1,26	1,36	1,01	1,73
2010	0,40	2,21	1,19	1,18	1,79	2,81	0,53

Objaśnienia: K < 0,5 silna posucha; 0,51 – 0,69 posucha; 0,70 – 0,99 słaba posucha.

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Według Kandeke i Murer [1993] oraz Compant i in. [2005] wśród wielu funkcji organizmów glebowych do najważniejszych należy rozkład i mineralizacja resztek poźniwnych. Czaban i Wróblewska [2005] natomiast podkreślają ich rolę w detoksykacji różnych substancji zanieczyszczających glebę, a Compant i in. [2005] zwracają uwagę na ograniczenie szkodników i patogenów wynikające z występowania mikroflory zasiedlającej środowisko glebowe.

Z danych przedstawionych w tabelach 4–6 wynika, że w badanym środowisku glebowym zaznaczyło się wyraźne zróżnicowanie liczby drobnoustrojów pod wpływem zastosowanych czynników doświadczalnych. Analiza ilościowa przeprowadzona dla poziomów pobrania materiału glebowego wskazuje, że istotnie więcej kolonii bakterii, promieniowców i grzybów zasiedlało poziom próchniczny. W warstwie tej, niezależnie od dawki azotu i zastosowanego biostymulatora, znajdowało się średnio o 24% więcej bakterii, 26% promieniowców i 23% grzybów. Z kolei badania Skwaryło-Bednarz [2008], dotyczące oceny właściwości biologicznych gleby pod uprawą szarłat, dowodzą, że większa liczebność drobnoustrojów występowała w warstwie próchnicznej. Na głębokości od 20 do 40 cm autorka odnotowała spadek liczebności bakterii i promieniowców o ponad 54% oraz ponad 67% grzybów. Na uwagę zasługuje fakt, że jak wynika z cytowanych badań, liczebność drobnoustrojów w poszczególnych warstwach zależała również od odmiany rośliny uprawnej i pory roku. W próbach jesiennych niezależnie od czynników doświadczalnych występowała znacznie większa liczebność mikroflory w porównaniu z próbami wiosennymi, co łączyło się z większą ilością opadów atmosferycznych w tym okresie.

Tabela 4. Ogólna liczebność bakterii (10^7 jtk·g⁻¹·s.m. gleby) w zależności dawki azotu, biostymulatora i poziomu glebowego

Table 4. The total number of bacteria (10^7 jtk·g⁻¹·s.m. soil), depending on the dose of nitrogen, biostimulator and the soil level

Czynniki i obiekty		Poziom (C)		\bar{X}
dawka azotu (A)	biostymulator (B)	C1	C2	
A1	B1	32,58	27,43	30,17
	B2	93,33	76,67	85,00
A1		63,12	52,05	57,59
A2	B1	185,64	124,09	154,87
	B2	29,16	23,67	26,42
A2		107,40	73,88	90,54
A3	B1	153,52	117,87	135,70
	B2	38,83	29,56	34,20
A3		96,18	73,72	84,95
A4	B1	52,44	40,76	46,60
	B2	48,77	39,80	44,29
A4		50,61	40,28	45,44
B	B1	106,13	77,54	91,83
	B2	52,52	42,43	47,47
\bar{X}		79,33	59,98	–
NIR _{0,05} dla: A – 24,12.; B – 43,30; C – 19,30; AxB – 49,82; AxC – r.n.; BxC – 52,50; AxBxC – 56,03				

Objaśnienie: – nie dotyczy.

Przeprowadzone oznaczenia mikrobiologiczne wykazały, że aplikacja biopreparatu w uprawie *Festulolium braunii* z koniczyną łąkową spowodowała ponad 48% redukcję liczebności bakterii glebowych, 16% promieniowców i ponad 26% grzybów. Natomiast wyniki badań Wyszkwowskiej i in. [2000], dotyczące wpływu fitohormonów na liczebność bakterii, promieniowców i grzybów, wskazują, że poszczególne grupy drobnoustrojów różnie reagowały na aplikację roślinnych związków hormonalnych. Jedynie zastosowanie kwasu giberelinowego powodowało wzrost liczebności koloni bakteryjnych w stosunku do kontroli. Kwas indolilomasłowy, α -naftylooctowy, triacontanol i benzyloadenina istotnie ograniczały rozwój tych organizmów. Promieniowce najkorzystniej reagowały na kwas indolilomasłowy, grzyby natomiast na traktowanie benzyloadeniną. Na uwagę zasługuje, że zastosowane w przytaczanych badaniach hormony w najmniejszym stopniu ograniczały liczebność grzybów, czego nie potwierdzono w badaniach własnych.

Wielu autorów [Barabasz i Smyk 1997; Wyszkwowska 2002; Jodełka i in. 2011] w swoich opracowaniach podkreśla wpływ nawożenia mineralnego na życie mikroflory glebowej,

co znajduje odzwierciedlenie w jej liczebności. Największą liczebność bakterii (średnio $87,75 \cdot 10^7 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.}$ gleby) stwierdzono w próbach pobranych z poletek nawożonych azotem w dawce 50 i 100 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zwiększenie dawki do 150 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ – na obiekcie A4 ograniczyło rozwój tych organizmów, a spowodowało intensywny przyrost koloni grzybów. Potwierdzono to w publikacjach Jodełki i in. [2008, 2011]. Przeprowadzone badania wykazały ponadto, że promieniowce – niezależnie od zastosowanego biostymulatora i poziomu pobrania prób – najliczniej rozwijały się w glebie z poletek zasilanych 50 i 150 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, a ich liczebność wahała się w granicach od 29,46 do $33,07 \cdot 10^7 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.}$ gleby (tab. 5) i była o ponad 20% większa od ogólnej liczby kolonii odnotowanej w materiale globalnym pochodzącym z obiektów kontrolnych i nawożonych 100 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Tabela 5. Ogólna liczebność promieniowców ($10^7 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.}$ gleby) w zależności dawki azotu, biostymulatora i poziomu glebowego

Table 5. The total number of actinomycetes ($10^7 \text{ jtk} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.}$ soil), depending on the dose of nitrogen, biostimulator and the soil level

Czynniki i obiekty		Poziom (C)		\bar{X}
dawka azotu (A)	biostymulator (B)	C1	C2	
A1	B1	24,92	18,34	21,63
	B2	29,12	20,99	25,06
A1		27,02	16,67	23,34
A2	B1	47,97	30,67	39,32
	B2	30,44	23,18	26,81
A2		39,21	26,93	33,07
A3	B1	23,56	17,83	20,70
	B2	31,17	24,56	27,87
A3		27,37	21,20	24,28
A4	B1	42,18	34,41	38,30
	B2	24,27	16,98	20,63
A4		33,23	25,70	29,46
B	B1	34,66	25,31	29,99
	B2	28,75	21,43	25,09
\bar{X}		31,70	23,37	–
NIR _{0,05} dla: A – 5,14; B – 4,80; C – 8,24; AxB – 11,50; AxC – 22,70; BxC – 8,97; AxBxC – 4,13				

Objaśnienie: – nie dotyczy.

Z produkcyjnego punktu widzenia ważną właściwością mikroorganizmów jest tworzenie układów symbiotycznych z roślinami [Martyniuk 2002, 2009]. Najwnikliwiej przebadanym przykładem symbiozy jest współzycie bakterii brodawkowych (rizobiów) z roślinami

motylkowatymi. Wymiana składników odżywczych po między partnerami tej symbiozy odbywa się w brodawkach korzeniowych, w których rizobia przekazują roślinie azot pobrany z atmosfery. W zamian za to pobierają węglowodany jako źródło energii niezbędnej bakteriom do przeprowadzania procesu redukcji azotu atmosferycznego. Proces ten jest więc bardzo korzystny zarówno z ekologicznego, jak i rolniczego punktu widzenia, ponieważ przyczynia się do ograniczenia nawożenia azotem. Innym rodzajem symbiozy jest mikoryza, czyli symbioza wielu gatunków grzybów glebowych z korzeniami roślin. W tym przypadku grzyb mikoryzowy ułatwia partnerowi pobierania wody i soli mineralnych, a także chroni korzenie roślin przed grzybami chorobotwórczymi [Martyniuk 2011].

Tabela 6. Ogólna liczebność grzybów (10^7 jtk·g⁻¹s.m. gleby) w zależności dawki azotu, biostymulatora i poziomu glebowego

Table 6. The total number of fungi (10^7 jtk·g⁻¹s.m. soil), depending on the dose of nitrogen, biostimulator and the soil level

Czynniki i obiekty		Poziom (C)		\bar{X}
dawka azotu (A)	biostymulator (B)	C1	C2	
A1	B1	16,87	9,65	13,26
	B2	6,84	4,29	5,57
A1		11,86	6,97	9,41
A2	B1	29,65	21,87	25,76
	B2	18,67	15,45	17,06
A2		24,16	18,66	21,41
A3	B1	24,32	18,76	21,54
	B2	20,53	17,34	18,94
A3		22,43	18,05	20,24
A4	B1	36,10	29,78	32,94
	B2	30,54	23,16	26,85
A4		33,32	26,47	29,90
B	B1	26,74	20,02	23,38
	B2	19,15	15,06	17,10
\bar{X}		22,94	17,54	–
NIR _{0,05} dla: A – 8,37; B – 6,24; C – 5,37; AxB – 6,02; AxC – 7,78; BxC – 11,08; AxBxC – 6,48				

Objaśnienie: – nie dotyczy.

Należy zatem przyjąć, że to mikroorganizmy glebowe dzięki procesom transformacji materii organicznej w znacznym stopniu są odpowiedzialne za dostępność składników pokarmowych dla roślin, dlatego duża liczebność, aktywność i różnorodność drobnoustrojów jest warunkiem dobrej jakości i produktywności gleby [Smith, Paul 1990; Doran, Parkin 1994; Marinari i in. 2006; Masto i in. 2006]. Zdaniem Wyszowskiej [2002] i Skwaryło-Bed-

narz [2008] dobrym wskaźnikiem określającym jakość i żyzność gleby jest stosunek liczebności bakterii i promieniowców do liczebności grzybów – BiP/G. Wyższe wartości tego parametru informują o stosunkowo słabszym rozwoju grzybów, natomiast mniejsze świadczą o ich silnym udziale. Ze względu na fitopatogenne i toksynotwórcze właściwości grzybów ich wzmożony rozwój jest zjawiskiem niekorzystnym z punktu widzenia żyzności i urodzajności gleby [Bis 2002, 2006; Wielgosz, Szember 2006; Gajda i in. 2010]. Na uwagę zasługuje, że najkorzystniejsze wartości BiP/G (tab. 7), niezależnie od poziomu pobrania wynoszące średnio 20,33, otrzymano dla próbek glebowych pochodzących z obiektów bez azotu – A1, zasilanych jedynie fitohormonami. Wzrastające dawki azotu obniżały wartość wskaźnika, ograniczając tym samym efekt biostymulatora. Należy zauważyć, że najniższy BiP/G kształtujący się na poziomie 2,50 uzyskano dla próbek pobranych z obiektów nawożonych azotem w ilości 150 kg na ha.

Tabela 7. Stosunek bakterii i promieniowców do grzybów (10^7 jtk·g⁻¹s.m. gleby) w zależności dawki azotu, biostymulatora i poziomu glebowego

Table 7. The ratio of bacteria and actinomycetes to fungi (10^7 jtk·g⁻¹s.m. soil), depending on the dose of nitrogen, biostimulator and the soil level

Czynniki i objekty		Poziom (C)		\bar{X}
dawka azotu (A)	biostymulator (B)	C1	C2	
A1	B1	3,59	4,74	4,17
	B2	17,90	22,76	20,33
A1		10,75	13,75	12,25
A2	B1	7,65	7,08	7,37
	B2	3,19	3,03	3,11
A2		5,42	5,06	5,24
A3	B1	7,28	7,23	7,26
	B2	3,40	3,12	3,26
A3		5,35	5,18	5,27
A4	B1	2,62	2,52	2,58
	B2	2,46	2,45	2,46
A4		2,54	2,49	2,52
B	B1	5,27	5,13	5,20
	B2	4,24	4,19	4,22
\bar{X}		4,76	4,66	–
NIR _{0,05} dla: A – 4,37; B – r.n.; C – r.n.; AxB – 6,02; AxC – r.n.; BxC – r.n.; AxBxC – 6,41				

Objaśnienie: – nie dotyczy.

Zastosowanie biostymulatora i głębokość pobrania materiału glebowego nie wpływała istotnie na zróżnicowanie omawianej cechy w obrębie tej kombinacji nawozowej. Prze-

prowadzona analiza statystyczna wykazała ponadto, że niezależnie od pozostałych czynników doświadczalnych poziom pobrania gleby nie wpływał istotnie na kształtowanie się ilorazu sumy liczby bakterii i promieniowców do grzybów (tab. 7). Tendencja ta nie korespondowała z wynikami prezentowanymi w innych pracach [Skwaryło-Bednarz 2008], w których udowodniono istotny statystycznie spadek wartości BiP/G dla prób glebowych pochodzących z głębszych warstw profilu glebowego.

4. WNIOSKI

1. Zastosowanie biostymulatora opartego na fitohormonach w uprawie *Festulolium braunii* z koniczyną łąkową spowodowało spadek ogólnej liczby kolonii wszystkich grup mikroorganizmów glebowych, ale nie miało istotnego wpływu na jakość i żyzność gleby wyrażoną stosunkiem liczebności bakterii i promieniowców do grzybów – BiP/G.
2. Zwiększanie dawki azotu mineralnego do 150 kg·ha⁻¹ przyczyniło się do intensywniejszego rozwoju grzybów glebowych a ograniczyło liczebność kolonii bakteryjnych co przełożyło się na spadek wartości BiP/G.
3. Materiał glebowy pobrany z poziomu próchnicznego odznaczał się większą liczebnością bakterii, promieniowców i grzybów w stosunku do ich liczebności w próbach glebowych z warstwy podornej. Poziom pobrania gleby nie wpływał istotnie na wartość stosunku bakterii i promieniowców do grzybów.

PIŚMIENICTWO

- BARABASZ W., SMYK B. 1997. Mikroflora gleb zmęczonych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 452: 37–50.
- BIS H. 2002. Występowanie grzybów toksynotwórczych w środowisku glebowym. Aktywność drobnoustrojów w różnych środowiskach, Katedra Mikrobiologii AR w Krakowie, 35–42.
- BIS H. 2006. Uzdolnienia do produkcji mikotoksyn grzybów wyizolowanych z gleb Krakowa i jego okolic. Zesz. Nauk. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Rol. LXXXIX, 546: 43–50.
- COMPANT S., DUFFY B., NOWAK J., CLEMENT CH., BARKA A. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. Appl. Environ. Microbiol. 71: 4951–4959.
- CZABAN J., WRÓBLEWSKA B. 2005. Microbial transformation of cadmium in two soils differing in organic matter content and texture. Pol. J. Environ. Stud. 14: 727–737.
- DORAN J.W., PARKIN T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. [w:] Defining soil quality for a sustainable environment. Red. J.W. Doran, D.C. Coleman, D.E. Bezdicsek, B.A. Stewart. Soil Science Society of America, Madison, 3–21.

- GAJDA A.M., PRZEWŁOKA B., GAWRYJOŁEK K. 2010. Ocena oddziaływania systemu uprawy roli na środowisko glebowe na podstawie zmian parametrów mikrobiologicznej aktywności gleby. *Nauka Przyroda Technologie* 4(6): 1–11.
- JODEŁKA J., JANKOWSKI K., JAKUBCZAK A. 2008. Sezonowe zmiany liczebności drobnoustrojów w strefie ryzosferowej łąki nawożonej doglebowo i dolistnie. *Łąkarstwo w Polsce* 11: 67–76.
- JODEŁKA J., JANKOWSKI K., SOSNOWSKI J. 2011. Effect of nitrogen fertilization on microbial properties of meadow soil. *Romanian Agricultural Research* 28: 181–186.
- KANDELE E., MURER E. 1993. Aggregate stability and soil microbial processes in a soil with different cultivation. *Geoderma* 56: 503–513.
- KUCHARSKI J., WYSZKOWSKA J. 2010. Oddziaływanie rolnictwa na właściwości mikrobiologiczne gleb. *Studia i Rozprawy IUNG-PIB. Oddziaływanie rolnictwa na środowisko przyrodnicze w warunkach zmian klimatu.* 19: 37–53.
- MARINARI S., MANCINELLI R., CAMPIGLIA E., GREGO S. 2006. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Italy. *Ecol. Indic.* 6: 701–711.
- MARTIN J.P. 1950. Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Science* 69: 215–232.
- MARTYNIUK S. 2002. Systemy biologicznego wiązania azotu. *Nawozy i Nawożenie/Fertilizers and Fertilization* 1: 264–277.
- MARTYNIUK S. 2009. Wytwarzanie preparatów mikrobiologicznych na przykładzie bakterii symbiotycznych roślin motylkowatych. *J. Res. Appl. Agrict. Eng.* 55, 20–23.
- MARTYNIUK S. 2011. Skuteczne i nieskuteczne preparaty mikrobiologiczne stosowane w ochronie i uprawie roślin oraz rzetelne i nierzetelne metody ich oceny. *Post. Mikrobiol.* 50(4): 321–328.
- MASTO R.E., CHHONKAR P.K., SINGH D., PATRA A.K. 2006. Changes in soil biological and biochemical characteristics in long-term field trial on a sub-tropical inceptisol. *Soil Biol. Biochem.* 38: 1577–1584.
- MATYSIAK K., ADAMCZEWSKI K. 2006. Wpływ bioregulatora klepek na plonowanie roślin uprawnych. *Progress in Plant Protection / Postępy w Ochronie Roślin* 46(2): 102–108.
- SKWARYŁO-BEDNARZ B. 2008. Ocena właściwości biologicznych gleby pod uprawą szarłatu (*Amaranthus cruentus* L.) *Acta Agrophysica* 12(2): 527–534.
- SMITH J.L., PAUL E.A. 1990. The significance of soil microbial biomass estimations. [w:] *Soil Biochemistry. Red. J. Bollag, G. Stotzky. Dekker, New York, 357–396.*
- TRASAR-CEPEDA C., LEIROS M.C., GIL-SOTRES F. 1998. Toward a biochemical quality index for soils. An expression relating several biological and biochemical properties. *Boil. Fertil. Soils* 26: 100–106.
- VERKLEIJ F.N. 1992. Seaweed extracts in agriculture and horticulture: a review. *Biol. Agric. Hortic.* 8: 309–324.

- WELLACE R., LOCKHEAD A. 1950. Qualitative studies of soil microorganisms. Aminoacid requirements of rhizosphere bacteria. *Can. J. Research, sectio C*, 28: 1–6.
- WIELGOSZ E., SZEMBER A. 2006. Wpływ wybranych roślin na liczebność i aktywność drobnoustrojów glebowych. *Ann. UMCS, Sect. E*, 61: 107–119.
- WYSZKOWSKA J., KUCHARSKI J., NOWAK G. 2000. Role of phytohormones and their precursors in modifying of enzymatic activity of soil and number of microorganisms. *Natur. Sci.* 7: 17–30.
- WYSZKOWSKA J. 2002. Biologiczne właściwości gleb zanieczyszczonych chromem sześciowartościowym. *Rozprawy i Monografie, UWM Olsztyn*, 65: 1–134.
- WYSZKOWSKA J., KUCHARSKI J., JANKOWSKI K., KIJEWSKI Ł. 2009. Wpływ resztek podzbiorowych na aktywność enzymów glebowych. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 537: 403–412.
- ZODAPE ST. 2001. Seaweeds as a biofertilizer. *J. Sci. Industrial Res.* 60: 5: 378–382.