
ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. LXI

SECTIO E

2006

Katedra Mikrobiologii Rolniczej, Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin, Poland

Elżbieta Wielgosz, Adam Szember

*Występowanie naturalnych zespołów drobnoustrojów glebowych
w strefie przykorzeniowej roślin wykorzystywanych
w zagospodarowywaniu terenów przydomowych*

The occurrence of natural soil microbial communities in rhizosphere of plants used
in the management of domestic areas

ABSTRACT. The objective of the investigation was to observe the effect of selected plants on the development of the population of soil microbes in rhizosphere of these plants. Special attention was paid to microflora of the domestic plants valued as animal fodder and also of great ecological importance in the removal of toxic substances from the environment, e.g. *Sida hermaphrodita*, *Helianthus tuberosus*, Konopianka osier, and American osier. Soil samples for microbiological analyses were collected from the rhizosphere and fallow soil in 2003, three times during the vegetation season. The analyses included determination of the total number of bacteria and fungi as well as the number of amylolytic, lipolytic, proteolytic, and ammonification bacteria and were conducted using dilution plate method. The number of cellulolytic and nitrifying bacteria was determined on the basis of the titre. Their most probable number was taken from Mc Crady tables. The content of ammonium nitrogen was determined by the nesslerisation method, nitrate nitrogen by the brucine method, and the respiration activity measured by the amount of liberated CO₂ by Rühling method. Soil reaction was also determined potentiometrically (pH in KCl). Monthly and annual mean values for precipitation, temperature, and relative air humidity in the year of the research have also been presented in the paper. According to the findings, the papilionaceous plants used in the experiment acidified the soil environment, which favoured the development of filamentous fungi. These plants also provided suitable conditions for the development of proteolytic, ammonification, amylolytic, and lipolytic bacteria as well as for the increase of the total number of the bacteria. The greatest amount of liberated CO₂ was stated under the aforementioned plants as well as in the rhizosphere of American osier. Both species of osier and *Helianthus tuberosus*, stimulated the development of cellulolytic bacteria, and American osier stimulated the development

of amylolytic bacteria. The greatest number of nitrifying bacteria was stated in the rhizosphere of *Sida hermaphrodita*, *Helianthus tuberosus*, and American osier. The greatest amount of ammonium nitrogen was found under *Sida hermaphrodita* and *Helianthus tuberosus* whereas the greatest amount of nitrate nitrogen and both forms of nitrogen were found in the soil where the papilionaceous plants and American osier were grown. As the microbiological analyses indicate, the papilionaceous plants, *Sida hermaphrodita*, *Helianthus tuberosus*, and American osier had the most positive effect on the development of the soil microbes studied. These plants may be applied to the management of domestic areas and to the improvement of biological activity of degraded soils.

KEY WORDS: the number of bacteria, microbiological activity, soil of rhizosphere of domestic plants, vetch, chickling vetch, *Sida hermaphrodita*, *Helianthus tuberosus*, osier

Rośliny uprawne, a szczególnie ich korzenie, poprzez swoje wydzieliny zmieniają właściwości fizykochemiczne najbliższego otoczenia, a przez to wywierają ogromny wpływ na kształtowanie środowiska glebowego. Ilość wydzielin korzeniowych zależy od wielu roślinnych i glebowych czynników, takich jak np. fizjologiczny stan rośliny, odczyn ryzosfery, aktywność mikroorganizmów i in. Mikroorganizmy zwiększają efektywność wydzielin korzeniowych, a przez to mogą ułatwiać przyswajalność składników mineralnych i stymulować wzrost roślin. Wydzieliny korzeniowe stymulują aktywność mikroorganizmów, a więc mogą pozytywnie lub też negatywnie oddziaływać na wzrost roślin, między innymi przez wpływ na rozwój korzeni, udostępnianie lub unieruchamianie składników mineralnych, rozkład wydzielin korzeniowych i in. Korzenie roślin wydzielają oprócz węglowodanów aminokwasy, witaminy, kwasy organiczne, nukleotydy, substancje flawonowe, enzymy, ale także mogą wydzielać toksyczne dla drobnoustrojów saponiny, glukozydy, kwas hydrocjanowy i in. [Różycki i in. 1985; Pietr 1990; Barabasz 1997]. Wpływ roślin uprawnych na mikroorganizmy glebowe może być więc korzystny, stymulujący, lub wręcz szkodliwy – toksyczny. Zależy to od charakteru chemicznego substancji wydzielanych do ryzosfery przez system korzeniowy roślin z jednej strony, a reakcji biologicznej mikroflory i mikrofauny bytującej w ryzosferze z drugiej strony [Smyk 1969/1970].

Przedmiotem badań była obserwacja wpływu wybranych roślin na kształtowanie populacji drobnoustrojów glebowych występujących w strefie przykorzeniowej tych roślin. Szczególną uwagę zwrócono na rośliny mające duże znaczenie ekologiczne, biorące udział w oczyszczaniu terenów przydomowych z różnych substancji toksycznych, jak wiklina, ślazowiec pensylwański, topinambur. Celowe wydawało się porównanie wpływu tych roślin z wybranymi roślinami motylkowatymi pochodzenia polskiego lub zagranicznego, które zostały wprowadzone do naszego kraju i introdukowane do naszych warunków glebowych i klimatycznych [Borkowska i in. 1997; 1999].

Dotychczas ukazało się niewiele opracowań mikrobiologicznych dotyczących mikroflory strefy przykorzeniowej roślin odgrywających znaczący udział w zagospodarowywaniu terenów przydomowych, cennych ze względu na paszę dla zwierząt czy też oczyszczanie środowisk naturalnych z substancji toksycznych. Dlatego celowe jest podjęcie i rozszerzenie badań w tym zakresie.

METODY

Badania te są kontynuacją badań rozpoczętych w r. 1999 na modelu doświadczenia poletkowego założonego przez pracowników Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin Akademii Rolniczej w Lublinie (prof. dr hab. H. Borkowską i prof. dr. hab. B. Styka) na glebie brunatnej wytworzonej z pyłów lessopodobnych. Na poletkach doświadczalnych uprawiano następujące rośliny: wykę kaszubską – *Vicia cassubica* (pochodzenia polskiego), wykę pochodzącą z Syberii – sprowadzoną do kraju przez prof. dr. hab. B. Styka, lędźwian siewny – *Lathyrus sativus*, ślazowiec pensylwański – *Sida hermaphrodita* Rusby, topinambur – *Helianthus tuberosus*, wiklinę konopiankę – *Salix viminalis* oraz wiklinę amerykańską – *Salix americana*.

Próbki glebowe do analiz pobierano w r. 2003 z zasięgu oddziaływania korzeni tych roślin, trzykrotnie w okresie wegetacyjnym roślin. Kontrolę stanowiła gleba ugorowana, oddalona od systemu korzeniowego roślin doświadczalnych.

Przeprowadzone analizy mikrobiologiczne i biochemiczne obejmowały oznaczanie: tzw. ogólnej liczebności bakterii na stałej pożywce z wyciągiem glebowym K_2HPO_4 oraz grzybów strzępkowych na pożywce Martina, liczebności bakterii celulolitycznych – na pożywce selektywnej zawierającej celulozę, amyloolitycznych – na pożywce ze skrobią, lipolitycznych – na pożywce z trójmaślanem glicerolu, proteolitycznych – na podłożu Fraziera, amonifikujących i nitryfikujących – na odpowiednich dla tych mikroorganizmów pożywkach [Rodina 1968].

Ogólną liczebność bakterii, grzybów, bakterii amyloolitycznych, proteolitycznych, amonifikacyjnych i lipolitycznych określono metodą wysiewu rozcieńczeń płytkowych. Liczebność bakterii celulolitycznych i nitryfikacyjnych przeprowadzono na podstawie miana. Najbardziej prawdopodobną liczbę tych bakterii odczytywano z tabel Mc Crady'ego. Zawartość azotu amonowego oznaczano metodą nessleryzacji, natomiast azotu azotanowego – metodą brucynową [Nowosielski 1974]. Aktywność oddechową mierzono ilością wydzielonego CO_2 zgodnie z metodą Rühlinga [1973]. Kontrolowano także zmiany odczynu w badanych próbkach glebowych.

Przedstawiono również średnie miesięczne i roczne opady, temperaturę oraz wilgotność względną powietrza w roku badawczym. Dane uzyskano z Katedry Agrometeorologii AR w Lublinie.

Tabela 1. Opady, temperatura oraz wilgotność względna powietrza (średnie miesięczne i roczne) w roku 2003

Table 1. Precipitation, temperature, and relative air humidity (monthly and yearly means) in the year 2003

Miesiąc Month	Opady w mm Precipitation	Temperatura °C Temperature	Wilgotność % Humidity
I	23,2	-3,4	91
II	25,0	-6,2	88
III	6,6	1,6	74
IV	40,7	6,5	65
V	71,4	16,3	70
VI	36,6	17,4	67
VII	98,1	19,8	77
VIII	27,0	18,9	63
IX	29,0	13,5	69
X	50,1	5,3	88
XI	17,0	4,9	92
XII	36,3	0,2	84
Średnie roczne Yearly mean	38,42	7,9	77,3

Autorzy składają podziękowanie Panu Prof. dr. hab. Józefowi Kołodziejowi za udostępnienie danych meteorologicznych

WYNIKI

Tabela 2 przedstawia kształtowanie się odczynu gleby w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych. Najniższy odczyn bardzo kwaśny stwierdzono pod wykami (P i S), pH wynosiło od 4,04 do 4,35. Nieco wyższy odczyn pH, ale kwaśny stwierdzono pod lędźwianem siewnym – pH 4,51–4,55, a także w glebie ugorowanej – pH 4,63–5,38. Najwyższy odczyn zaobserwowano pod wiklinami – pH 5,79–6,46, był on lekko kwaśny. Nieco niższy stwierdzono pod topinamburem – pH 5,58–5,9. W poszczególnych kombinacjach doświadczalnych obserwowano na ogół wzrost wartości pH w miarę rozwoju roślin. Z danych zamieszczonych w tabeli 2 wynika, że odczyn w glebie pod uprawą roślin motylkowatych był zawsze niższy niż w glebie ugorowanej, świadczy to o zakwaszającym działaniu tych roślin, natomiast pod pozostałymi roślinami wartość pH zawsze przewyższała wartość pH gleby ugorowanej.

Tabela 2. pH badanych gleb
Table 2. pH of studied soils

Lp. No.	Kombinacje doświadczalne Experimental combinations	Terminy pobierania próbek Dates of sampling		
		19 V 2003	10 VII 2003	18 IX 2003
1	Wyka kaszubska (P) Kaszubska vetch	4,16	4,25	4,34
2	Wyka (S) Vetch	4,04	4,10	4,35
3	Lędzwan siewny Chickling vetch	4,52	4,51	4,55
4	Ślaziolec pensylwański <i>Sida hermaphrodita</i>	4,66	5,23	5,76
5	Topinambur <i>Helianthus tuberosus</i>	5,78	5,58	5,90
6	Wiklina konopianka Konopianka osier	5,79	5,92	6,46
7	Wiklina amerykańska American osier	6,10	5,88	6,11
8	Gleba ugorowana Fallow soil	4,63	4,72	5,38

P – wyka pochodzenia polskiego, S – wyka pochodząca z Syberii
P – vetch of Polish origin, m S – vetch of Siberian origin

Sas L i in. [1999] twierdzą, że duże różnice w wartościach pH gleby przykroźniowej mogą być wynikiem pobierania różnych form azotu przez rośliny. Odczyn bywa także uzależniony od symbiotycznego wiązania azotu przez rośliny motylkowate. Wiązanie N_2 ułatwia pobieranie kationów, a tym samym wzmożone jest wydzielanie H^+ , co obniża pH ryzosfery. Odczyn gleby przykroźniowej może być również modyfikowany przez gatunek roślin, dostęp składników odżywczych oraz właściwości buforowe gleby.

Według Górlacha i in. [2001] odczyn jest jednym z najważniejszych wskaźników żyzności gleby. Od pH gleby zależą w dużym stopniu jej właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne, a także trwałość struktury i związane z nią stosunki powietrzne i wodne, a więc wszystkie te czynniki, które zapewniają roślinom optymalne warunki wzrostu i rozwoju.

Tabela 3 przedstawia liczebność bakterii i grzybów oraz stosunek liczbowy bakterii do grzybów w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych. Biorąc pod uwagę wartości średnie, stwierdzono, że jedyną rośliną stymulującą rozwój bakterii jest wyka kaszubska (P), pod której uprawą zanotowano najwyższą średnią liczbę bakterii, wartość ta trzykrotnie przewyższała liczbę bakterii w glebie ugorowanej. Pod pozostałymi roślinami stwierdzono zahamowanie rozwoju tych

Tabela 3. Ogólna liczba bakterii (10^9 jtk kg^{-1} s.m. gleby) i grzybów (10^6 jtk kg^{-1} s.m. gleby) oraz stosunek liczbowy bakterii do grzybów (B/G)
 Table 3. Total number of bacteria (10^9 cfu kg^{-1} d.m. soil) and fungi (10^6 cfu kg^{-1} d.m. soil), and ratios of bacteria to fungi (B/F)

Lp. No.	Kombinacje doświadczalne Experimental combinations	Bakterie Bacteria				Grzyby Fungi				Stosunek bakterii do grzybów (B/G) Ratios of bacteria to fungi
		Terminy pobierania próbek Dates of sampling			Średnio Mean	Terminy pobierania próbek Dates of sampling			Średnio Mean	
		19 V 2003	10 VII 2003	18 IX 2003		19 V 2003	10 VII 2003	18 IX 2003		
1	Wyka kaszubska (P) Kaszubska vetch	7	57	9	24	418	353	198	323	74,30
2	Wyka (S) Vetch	5	11	3	6	900	249	270	473	12,69
3	Lędzwan siewny Chickling vetch	10	8	7	8	456	193	429	359	22,28
4	Ślazowiec pensylwański <i>Sida hermaphrodita</i>	8	4	4	5	282	181	269	244	20,49
5	Topinambur <i>Helianthus tuberosus</i>	5	3	3	4	131	273	108	171	23,39
6	Wiklina konopianka Konopianka osier	9	6	3	6	193	80	73	115	52,17
7	Wiklina amerykańska American osier	2	10	3	5	133	198	37	123	40,65
8	Gleba ugorowana Fallow soil	4	9	11	8	191	122	229	181	44,20

Objaśnienia jak w tab. 2; jtk – jednostki tworzące kolonie
 Explanations like in Table 2; cfu – colony forming units

bakterii w stosunku do gleby ugorowanej, z wyjątkiem lędźwianu siewnego, gdzie średnia wartość była taka sama jak w glebie ugorowanej.

Zastanawiająca jest przyczyna niższej liczby bakterii w glebie pod uprawą roślin w porównaniu z glebą ugorowaną. Wielu autorów [Pietr 1990; Mrozowska 1999; Szember 2001] podaje, że liczebność mikroorganizmów i aktywność mikrobiologiczna w ryzosferze jest większa niż w glebie poza nią. Liczebność drobnoustrojów wzrasta w miarę przybliżania się do korzenia, a największy stymulujący wpływ korzeni można zaobserwować na samej ich powierzchni [Paul E.A. i in. 2000].

Biorąc pod uwagę okres wegetacyjny roślin doświadczalnych, najwyższą liczbę bakterii obserwowano w pierwszym lub drugim okresie analiz, a więc w okresie intensywnego wzrostu roślin. Burges i in. [1971] podają, że zarówno liczba, jak i aktywność drobnoustrojów w ryzosferze osiąga maksimum w okresie najbujniejszego rozwoju wegetatywnego roślin wyższych.

Wyniki przedstawione w tabeli 3 wykazują, że bakterie najlepiej rozwijają się w glebach pod uprawą roślin motylkowatych pomimo bardzo kwaśnego odczynu tych gleb. Wielu autorów donosi [Myśków 1986; Kunicki-Goldfinger 2001; Szember 2001], że odczyn gleby wywiera silny wpływ na ilościowy i jakościowy skład jej mikroflory. W miarę wzrostu zakwaszenia zwiększa się liczba grzybów, a zmniejsza liczba bakterii. Gleby silnie kwaśne i silnie zasadowe nie sprzyjają rozwojowi drobnoustrojów. Wiadomo również, że nagłe i silne zmiany odczynu gleby są bardzo niekorzystne zarówno dla mikroflory, jak i uprawianych roślin.

Liczebność grzybów strzępkowych w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych przedstawiono również w tabeli 3. Zaobserwowano, że wszystkie uprawiane na poletkach rośliny motylkowate oraz ślazioziew pensylwański stymulowały rozwój grzybów, pozostałe zaś hamowały ich rozwój w porównaniu z glebą ugorowaną. Najwyższą sezonową liczbę tych mikroorganizmów zanotowano pod uprawą wyki (S) w I okresie analiz, także wartość średnia spod tej uprawy była najwyższa ze wszystkich kombinacji i ponaddwukrotnie przewyższała liczbę tych drobnoustrojów w glebie ugorowanej. Najniższą liczbę grzybów zaobserwowano pod uprawą wikliny amerykańki i konopianki w III okresie analiz, w kombinacjach tych była również najniższa średnia liczba grzybów.

Według Myśkowskiego [1986] dobrym wskaźnikiem ilustrującym żywność gleb jest stosunek liczbowy bakterii do grzybów (B/G). Współczynnik ten został obliczony na podstawie wartości średnich i przedstawiony w tabeli 3. Wynika z niej, że najwyższą wartością tego współczynnika cechowała się gleba pod uprawą wyki kaszubskiej (P). W glebie pod uprawą tej rośliny zanotowano najwyższą średnią liczbę bakterii, a to zdecydowało o wysokiej wartości współczynnika

B/G. Dość wysoką wartość tego współczynnika stwierdzono także pod wikliną konopianką i amerykańką oraz w glebie ugorowanej. Najniższy stosunek liczbowy bakterii do grzybów stwierdzono pod wyką (S), co było spowodowane najwyższą średnią wartością grzybów strzępkowych w tej kombinacji doświadczalnej. Myśków [1986] podaje, że im wyższe wartości przyjmuje ten wskaźnik, tym lepszymi właściwościami mikrobiologicznymi wykazuje się dana gleba. Stosunek liczbowy bakterii do grzybów w glebie informuje o ilościowych proporcjach tych grup drobnoustrojów względem siebie. Przesunięcie tych proporcji na korzyść grzybów jest z punktu widzenia żyzności gleby zjawiskiem niepożądanym. Według Smyka [1969/1970] silny rozwój grzybów w glebach zakwaszonych jest niekorzystny także dlatego, że wiele gatunków grzybów odznacza się właściwościami toksynotwórczymi oraz wiele z nich wywołuje choroby roślin.

W tabeli 4 zamieszczono liczebność bakterii celulolitycznych, amyloolitycznych i lipolitycznych. Biorąc pod uwagę cały okres wegetacyjny roślin, najliczniej bakterie celulolityczne wystąpiły w glebie ugorowanej w III terminie analiz. Najniższą zaś ich liczbę stwierdzono pod uprawą wyki (S) w II terminie badań oraz w glebie ugorowanej w I okresie analiz. Porównując wartości średnie, najwyższa liczba bakterii celulolitycznych wystąpiła w glebie ugorowanej, najniższa zaś pod uprawą ślazu pensylwańskiego oraz pod roślinami motylkowatymi. Niska liczebność bakterii celulolitycznych w glebie pod uprawą ślazu pensylwańskiego oraz roślinami motylkowatymi mogła być spowodowana kwaśnym odczynem gleby, na który bakterie te są bardzo wrażliwe. Wcześniejsze badania Wielgosz i in. [2002; 2004a] wykazały również zahamowanie rozwoju tej grupy bakterii w strefie przykorzeniowej ślazu pensylwańskiego.

Dość wysoką liczebność bakterii celulolitycznych we wszystkich okresach analiz obserwowano w glebie pod uprawą topinamburu i wikliny konopianki, w glebie spod tych roślin stwierdzono także najwyższą średnią liczbę tych bakterii, biorąc pod uwagę uprawiane rośliny. W nielicznych tylko przypadkach, a mianowicie w glebie pod uprawą lędzianu siewnego i wyki kaszubskiej (P), nastąpiło sukcesywne zmniejszenie liczby bakterii wraz z rozwojem roślin.

W tabeli 4 przedstawiono również liczebność bakterii amyloolitycznych. Bakterie te najliczniej wystąpiły pod uprawą wikliny amerykańskiej w II terminie analiz, wartość średnia spod tej uprawy jako jedyna była wyższa niż w glebie ugorowanej. Najmniejszą liczbę owych bakterii stwierdzono pod uprawą wyki kaszubskiej (P) w II terminie badań, a wartość średnia spod tej uprawy była jedną z mniejszych. Najniższą średnią liczbę tych bakterii zaobserwowano bowiem pod wikliną konopianką. Wyniki badań w poszczególnych okresach analiz są bardzo zróżnicowane. Najbardziej wyrównane są w przypadku lędzianu siewnego. Liczebność drobnoustrojów pod tą uprawą nie ulega tak znacznym wahaniom. Kształtuje się na wyrównanym poziomie we wszystkich okresach analiz.

Tabela 4. Liczebność bakterii celulolitycznych (10^3 jtk kg^{-1} s.m. gleby) oraz amyloolitycznych i lipolitycznych (10^6 jtk kg^{-1} s.m. gleby)
 Table 4. Number of cellulolytic bacteria (10^3 cfu kg^{-1} d.m. soil), amyloolytic bacteria, and lipolytic bacteria (10^6 cfu kg^{-1} d.m. soil)

Lp. No.	Kombinacje doświadczalne Experimental combinations	Bakterie Bacteria											
		Celulolityczne Cellulolytic				Amyloolityczne Amyloolytic				Lipolityczne Lipolytic			
		Terminy pobierania próbek Dates of sampling			Średnio Mean	Terminy pobierania próbek Dates of sampling			Średnio Mean	Terminy pobierania próbek Dates of sampling			Średnio Mean
		19 V 2003	10 VII 2003	18 IX 2003		19 V 2003	10 VII 2003	18 IX 2003		19 V 2003	10 VII 2003	18 IX 2003	
1	Wyka kaszubska (P) Kaszubska vetch	89	51	49	63	320	228	362	303	932	1109	549	863
2	Wyka (S) Vetch	90	8	106	68	526	283	289	366	1085	669	270	675
3	Lędźwian siewny Chickling vetch	89	50	12	50	321	332	316	323	813	580	471	621
4	Ślazowiec pensylwański <i>Sida hermaphrodita</i>	35	21	47	34	286	242	401	310	744	575	366	562
5	Topinambur <i>Helianthus tuberosus</i>	298	270	472	347	271	249	401	307	510	569	653	577
6	Wiklina konopianka Konopianka osier	112	493	274	293	257	245	292	265	607	340	183	377
7	Wiklina amerykańska American osier	182	13	106	100	306	255	728	430	432	553	179	388
8	Gleba ugorowana Fallow soil	8	17	1181	402	382	337	383	367	740	969	709	806

Objaśnienia jak w tabeli 2 i 3

Explanations like in table 2; cfu – colony forming units

W tabeli 4 zamieszczono także liczebność bakterii lipolitycznych. Najwyższą liczbę tych bakterii zanotowano pod uprawą roślin motylkowatych, a mianowicie w glebie spod wyki kaszubskiej (P) w II terminie analiz i spod wyki (S) w I terminie analiz. Wartości te były wyższe od liczebności tych bakterii w glebie ugorowanej, w której najwyższą wartość zaobserwowano w II terminie badań. Najniższą liczebność bakterii zanotowano w III terminie badań pod uprawą wikliny amerykańki i konopianki. Na ogół we wszystkich kombinacjach doświadczalnych najniższą liczbę tych bakterii obserwowano w III terminie analiz, jedynie w przypadku topinamburu liczba bakterii w tym okresie była najwyższa. Biorąc pod uwagę wartości średnie, liczba bakterii lipolitycznych jedynie pod uprawą wyki kaszubskiej (P) przewyższała liczbę tych bakterii w glebie ugorowanej. Pozostałe wartości średnie były niższe od liczebności tych bakterii w glebie ugorowanej, najniższą zaś zanotowano pod uprawą wikliny konopianki i amerykańki.

Tabela 5 obrazuje liczebność bakterii proteolitycznych, amonifikujących i nitryfikujących w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych. Najwyższą liczbę bakterii proteolitycznych zanotowano pod uprawą wyki kaszubskiej (P), a także pod uprawą wyki (pochodzenia syberyjskiego – S) w II terminie badań. Okres ten sprzyjał rozwojowi bakterii proteolitycznych, we wszystkich kombinacjach stwierdzono wówczas najwyższą liczbę tych bakterii. Najniższą liczbę bakterii proteolitycznych zanotowano w glebie ugorowanej w I terminie analiz. Biorąc pod uwagę wartości średnie, najwyższą liczbę tych bakterii zaobserwowano pod roślinami motylkowatymi i ślazowcem pensylwańskim, a więc rośliny te stymulują rozwój owych bakterii, najniższą zaś pod topinamburem i tylko tutaj wartość ta była niższa niż w glebie ugorowanej.

W tabeli 5 przedstawiono również liczebność bakterii amonifikacyjnych. Najwyższą liczebność tych bakterii obserwowano w II terminie analiz, z wyjątkiem wyki syberyjskiej (S), gdzie bakterie amonifikacyjne najliczniej pojawiły się w I okresie badań, oraz w glebie ugorowanej, gdzie największą liczbę tych bakterii zanotowano w III terminie analiz. Najwyższą sezonową liczbę bakterii amonifikacyjnych zaobserwowano w glebie pod uprawą wyki kaszubskiej (P) w II terminie badań, a najniższą w glebie ugorowanej w I terminie analiz i pod uprawą wyki (S) w III terminie analiz. Porównując wartości średnie, jedynie wyka kaszubska (P) stymulowała rozwój tych bakterii, natomiast ślazowiec pensylwański, wiklina konopianka i amerykańka oraz wyka (S) hamowały ich rozwój. W pozostałych kombinacjach doświadczalnych średnia liczba tych bakterii była taka sama jak w glebie ugorowanej.

W tabeli 5 przedstawiono także wpływ roślin doświadczalnych na rozwój bakterii nitryfikacyjnych. Najwyższą liczbę tych bakterii zanotowano w okresie wiosennym pod uprawą wikliny amerykańki i ślazowca pensylwańskiego. Na ogół

Tabela 5. Liczebność bakterii proteolitycznych (10^6 jtk kg^{-1} s.m. gleby), amonifikacyjnych (10^9 jtk kg^{-1} s.m. gleby) i nitryfikacyjnych (10^3 jtk kg^{-1} s. m. gleby)

Table 5. Number of proteolytic bacteria (10^6 cfu kg^{-1} d.m. soil), ammonification bacteria (10^9 cfu kg^{-1} d.m. soil), and nitrifying bacteria (10^3 cfu kg^{-1} d.m. soil)

Lp. No.	Kombinacje doświadczalne Experimental combinations	Bakterie Bacteria											
		Proteolityczne Proteolytic				Amonifikatory Ammonification				Nitryfikatory Nitrifying			
		Terminy pobierania próbek Dates of sampling			Średnio Mean	Terminy pobierania próbek Dates of sampling			Średnio Mean	Terminy pobierania próbek Dates of sampling			Średnio Mean
		19 V 2003	10 VII 2003	18 IX 2003		19 V 2003	10 VII 2003	18 IX 2003		19 V 2003	10 VII 2003	18 IX 2003	
1	Wyka kaszubska (P) Kaszubska vetch	394	1166	574	711	20	24	13	19	8	5	4	6
2	Wyka (S) Vetch	319	917	623	620	15	14	7	12	18	5	28	17
3	Łędźwian siewny Chickling vetch	396	856	552	601	13	20	8	14	11	4	4	6
4	Ślaziowiec pensylwański <i>Sida hermaphrodita</i>	470	834	537	614	10	12	9	10	53	27	4	28
5	Topinambur <i>Helianthus tuberosus</i>	358	667	419	481	9	20	13	14	30	27	4	20
6	Wiklina konopianka Konopianka osier	591	677	493	587	13	16	8	12	8	4	4	5
7	Wiklina amerykańska American osier	323	801	448	524	8	21	10	13	54	4	10	23
8	Gleba ugorowana Fallow soil	234	906	430	523	7	16	19	14	11	5	4	7

Objaśnienia jak w tabeli 2 i 3

Explanations like in Table 2; cfu – colony forming units

najwyższą liczbę tych bakterii obserwowano w okresie wiosennym pod wszystkimi roślinami z wyjątkiem wyki (S), u której maksimum rozwoju tych bakterii zaobserwowano jesienią. W większości przypadków liczba bakterii nitryfikacyjnych malała wraz z rozwojem roślin, a w przypadku ślazuwca pensylwańskiego spadek liczebności tej grupy bakterii był najgwałtowniejszy.

Duży wpływ na rozwój tych mikroorganizmów mógł wywrzeć odczyn i wilgotność gleb (tab. 1, 2), gdyż bakterie te są bardzo wrażliwe na przesuszenie i zakwaszenie środowiska glebowego [Barabasz 1992; Wielgosz i in. 1997]. Jednak pod uprawą wyki (S), gdzie odczyn był bardzo kwaśny, zaobserwowano dość wysoką liczbę tych bakterii. Jest to zgodne z wcześniejszymi badaniami Wielgosz i in. [2002, 2004b], którzy stwierdzili wysoką liczbę tych bakterii pod uprawą wyki (S) pomimo bardzo kwaśnego odczynu gleby.

Porównując wartości średnie, najwyższą liczbę tych bakterii stwierdzono w glebie pod uprawą ślazuwca pensylwańskiego, wikliny amerykańki i topinamburu, a najniższą pod uprawą wikliny konopianki, lędźwianu siewnego i wyki kaszubskiej (P). Tak więc wiklina konopianka, lędźwian siewny i wyka kaszubska hamują rozwój bakterii nitryfikacyjnych. Pozostałe rośliny stymulują ich rozwój, przy czym ślazuwiec pensylwański w największym stopniu. Wcześniejsze badania Wielgosz [2001] wykazały również stymulację rozwoju tej grupy bakterii pod ślazuwcem pensylwańskim.

Tabela 6 jest zestawieniem wyników dotyczących zawartości dwóch form azotu – amonowego i azotanowego. Zawartość azotu amonowego w glebach malała wraz z rozwojem roślin, osiągając najniższą wartość w okresie, gdy rośliny kończyły wegetację, tj. w III terminie pobierania próbek. Oznacza to, że ta forma azotu była w dużym stopniu wykorzystywana przez rośliny i mikroorganizmy. Sas i in. [1999] podają, że pobieranie tej formy azotu wzmaga wydzielenie przez korzenie jonów H^+ , co powoduje obniżenie pH ryzosfery. Wahania zawartości azotu amonowego w ciągu roku były znacznie większe niż zawartości azotu azotanowego, malały one wraz z rozwojem roślin. Obserwowano znaczny (3–5-krotny) spadek zawartości azotu amonowego w końcowym okresie analiz w porównaniu z wartością początkową.

Biorąc pod uwagę okres wegetacyjny roślin, najwyższą zawartość azotu amonowego zanotowano pod uprawą topinamburu, a następnie ślazuwca pensylwańskiego w I okresie badań. W okresie tym tylko w tych kombinacjach zawartość azotu amonowego była wyższa niż w glebie ugorowanej. Najniższą zaś zawartość tej formy azotu stwierdzono w glebie ugorowanej w III okresie analiz. Według Barabasza [1992] w środowisku glebowym w obecności łatwo dostępnych węglowodanów azot amonowy powstaje w wyniku rozkładu białek, kwasów nukleinowych i innych azotowych związków organicznych – jest szybko immobi-

Tabela 6. Zawartość azotu amonowego (N-NH₄) i azotu azotanowego (N-NO₃) oraz suma obu form azotu (mg kg⁻¹ s.m. gleby)
 Table 6. Content of ammonium nitrogen (N-NH₄) and nitrate (N-NO₃), and sum of both forms of nitrogen (mg kg⁻¹ d.m. soil)

Lp. No.	Kombinacje doświadczalne Experimental combinations	N-NH ₄				Średnio Mean	N-NO ₃			Średnia Mean	Suma N-NH ₄ + N-NO ₃ Sum of N-NH ₄ + N-NO ₃
		Terminy pobierania próbek Dates of sampling					Terminy pobierania próbek Dates of sampling				
		19 V 2003	10 VII 2003	18 IX 2003			19 V 2003	10 VII 2003	18 IX 2003		
1	Wyka kaszubska (P) Kaszubska vetch	220,2	152,1	65,6	146,0	196,2	190,9	101,7	162,9	308,9	
2	Wyka (S) Vetch	203,4	150,9	63,8	139,4	204,9	171,4	122,9	166,4	305,8	
3	Lędźwian siewny Chickling vetch	247,2	141,5	63,0	150,6	194,6	111,0	69,1	124,9	275,5	
4	Ślaziowiec pensylwański <i>Sida hermaphrodita</i>	284,9	152,9	51,5	163,1	151,4	58,8	66,0	92,1	255,2	
5	Topinambur <i>Helianthus tuberosus</i>	315,3	151,0	62,6	176,3	176,4	55,3	10,9	80,9	257,2	
6	Wiklina konopianka Konopianka osier	267,3	148,0	63,9	159,7	142,0	74,7	73,6	96,8	256,5	
7	Wiklina amerykańska American osier	207,6	156,1	72,3	145,3	190,6	98,3	109,3	132,7	278,0	
8	Gleba ugorowana Fallow soil	277,2	140,6	49,7	155,8	118,9	120,3	69,7	103,0	258,8	

Objaśnienia jak w tabeli 2
 Explanations like in Table 2

lizowany do nowo tworzącej się biomasy mikroorganizmów. Jon amonowy może także tworzyć związki z organicznymi i mineralnymi składnikami gleby. Jednakże w warunkach, kiedy rozwój mikroorganizmów jest determinowany dostępnością węgla i energii, większość NH_4 jest utleniana do NO_3 stosunkowo szybko. Azotany mogą też być włączone do mikrobiologicznej fazy immobilizacji w cyklu azotowym, ale heterotroficzne mikroorganizmy szybciej pobierają, a nawet preferują formę amonową azotu. W przeciwieństwie do formy amonowej azotany szybciej asymilowane są przez rośliny.

Najniższą zawartość jonów azotanowych zanotowano pod uprawą topinambura w sezonie jesiennym (10,9 mg). W stosunku do gleby ugorowanej z tego okresu wartość ta była prawie siedmiokrotnie niższa. Najwyższą zaś zawartość azotanów zanotowano w sezonie wiosennym pod uprawą wyki (S), wartość ta była prawie dwukrotnie wyższa od zawartości tej formy azotu w glebie ugorowanej w tym okresie. Wartości średnie wskazują na znacznie wyższą zawartość azotanów pod roślinami motylkowatymi i pod wikliną amerykańką niż w glebie ugorowanej.

Analizując wyniki z poszczególnych terminów badań, zawartość azotu azotanowego przeważnie malała wraz z rozwojem roślin w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych. Jednak w przypadku niektórych upraw wartość ta wzrosła w III terminie analiz. W przypadku wikliny amerykańskiej w sezonie wiosennym zawartość azotanów wynosiła 190,6 mg, następnie w sezonie letnim zmalała do 98,3 mg i ponownie wzrosła w okresie jesiennym do 109,3 mg. Podobna sytuacja kształtowała się w przypadku ślazuca pensylwańskiego, ale wzrost zawartości azotanów w III okresie nie był tak znaczący. Wzrósł jedynie z wartości 58,8 mg z II okresu do wartości 66 mg w sezonie jesiennym. Może to być związane z zapotrzebowaniem roślin na tę formę azotu w okresie ich intensywnego wzrostu, wtedy zawartość azotanów malała, natomiast gdy rośliny kończyły wegetację, tj. jesienią, zawartość azotanów wzrosła. Jest to zgodne z badaniami Nowackiego [1980], który stwierdził, że największe stężenie jonów azotanowych w roztworze glebowym występuje zwykle na wiosnę. Jest to powodowane mineralizacją związków organicznych i nityfikacją uwolnionego amoniaku oraz nawożeniem azotowym. Bardzo szybkie obniżenie zawartości azotanów w późniejszym okresie następuje wskutek ich pobierania przez rośliny bądź też powodowane jest częściowo wypłukiwaniem jonów NO_3 z gleby. Późniejszy wzrost stężenia azotu azotanowego obserwuje się jesienią w wyniku mineralizacji substancji organicznej, głównie resztek poźniowych i nityfikacji powstałego amoniaku.

Pod wszystkimi roślinami motylkowatymi stwierdzono zawartość obu form azotu wyższą niż w glebie ugorowanej. Najwięcej stwierdzono go pod wykami

(P i S). Część tego azotu może pochodzić z procesu wiązania przez bakterie symbiotyczne współżyjące z tymi roślinami oraz wolnożyjące bakterie wiążące azot atmosferyczny. Dużą wartość obu form azotu stwierdzono także pod wikliną amerykańką i lędźzianem siewnym.

Tabela 7. Ilość wydzielonego dwutlenku węgla ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}$ s.m. gleby na dobe)
Table 7. Quantity of emitted carbon dioxide ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}$ d.m. soil per day)

Lp. No.	Kombinacje doświadczalne Experimental explanations	Terminy pobierania próbek Dates of sampling			Średnio Mean
		19 V2003	10 VII 2003	18 IX 2003	
1	Wyka kaszubska (P) Kaszubska vetch	11,9	8,6	27,7	16,1
2	Wyka (S) Vetch	18,0	13,0	13,4	14,8
3	Lędźzian siewny Chickling vetch	15,0	14,0	16,5	15,2
4	Ślaziolec pensylwański <i>Sida hermaphrodita</i>	14,8	12,1	15,1	14,0
5	Topinambur <i>Helianthus tuberosus</i>	12,0	12,2	12,6	12,3
6	Wiklina konopianka Konopianka osier	16,4	11,0	14,5	14,0
7	Wiklina amerykańska American osier	15,2	20,1	13,4	16,2
8	Gleba ugorowana Fallow soil	10,3	10,0	29,6	16,6

Objaśnienia jak w tabeli 2

Explanations like in Table 2

W tabeli 7 zestawiono wyniki dotyczące pomiaru intensywności oddychania mierzonej ilością wydzielonego CO_2 . Nowak [1986] podaje, że jednym ze sposobów określania aktywności mikroflory glebowej, a także zmian, które w niej zachodzą pod wpływem naturalnych i antropogenicznych czynników środowiskowych, jest dokonywanie pomiarów intensywności oddychania. Pomiaru takie można przeprowadzać poprzez oznaczanie ilości zużytego przez mikroorganizmy tlenu lub też wydzielonego dwutlenku węgla.

Najmniejszą ilość wydzielonego CO_2 zanotowano w sezonie letnim w przypadku uprawy wyki kaszubskiej (P), a największą w glebie ugorowanej w okresie jesiennym. Nieznacznie niższą od tej wartość zanotowano także jesienią pod uprawą wyki kaszubskiej (P). Na ogół najmniej dwutlenku węgla wydzielilo się

w II terminie analiz z wyjątkiem wikliny amerykańki, gdzie w tym okresie wydzielono się najwięcej CO₂. Może to świadczyć o zahamowaniu procesu mineralizacji substancji organicznej w okresie letnim, wówczas zaobserwowano najwyższe temperatury, które spowodowały brak optymalnej wilgotności gleb ze względu na niedostateczne ilości opadów (tab. 1).

Porównując wartości średnie z poszczególnych kombinacji doświadczalnych, możemy zauważyć, że wszystkie były niższe od ilości CO₂ wydzielonego w glebie ugorowanej, przy czym najbardziej zbliżona była wartość zanotowana w glebie pod uprawą wikliny amerykańki i roślinami motylkowatymi. Najbardziej odbiegająca od gleby ugorowanej była wartość 12,3 mg, zanotowana w glebie pod uprawą topinamburu. Tak więc ilość wydzielonego CO₂ w glebie bez obsady roślinnej była wyższa niż w glebie pod uprawą roślin. Niższe wartości mogły być spowodowane silnym zakwaszeniem i przesuszeniem gleby (tab. 1 i 2), co nie sprzyjało rozwojowi bakterii i było przyczyną osłabienia aktywności mikroflory glebowej.

WNIOSKI

1. Badane rośliny motylkowate zakwasały środowisko glebowe, co sprzyjało rozwojowi grzybów strzępkowych.
2. Najwyższą ogólną liczbę bakterii oraz najwięcej bakterii amonifikacyjnych proteolitycznych i lipolitycznych stwierdzono pod wyką kaszubską (P).
3. Najwyższy stosunek liczbowy bakterii do grzybów stwierdzono pod wyką kaszubską (P) i wikliną konopianką, najniższy zaś pod wyką (S).
4. Spośród badanych roślin najwięcej bakterii celulolitycznych stwierdzono pod topinamburem i wikliną konopianką.
5. Rośliny motylkowate i ślazowiec pensylwański sprzyjały rozwojowi bakterii proteolitycznych.
6. Uprawiane rośliny stymulowały rozwój bakterii nitryfikacyjnych z wyjątkiem wikliny konopianki, lędźwianu i wyki kaszubskiej (P). Ślazowiec pensylwański w największym stopniu stymulował rozwój tych bakterii.
7. Najwięcej obu form azotu stwierdzono w strefie przykorzeniowej roślin motylkowatych oraz wikliny amerykańki. Azotu amonowego najwięcej zaobserwowano pod topinamburem i ślazowcem pensylwańskim, azotanowego zaś pod wykami.
8. Intensywność oddychania mierzona ilością wydzielonego dwutlenku węgla była nieznacznie wyższa w glebie ugorowanej niż pod uprawami roślin. Spośród uprawianych roślin najwięcej CO₂ wydzielono z gleby przykorzeniowej wikliny amerykańki i wyki kaszubskiej.

9. Z przeprowadzonych badań wynika, że najkorzystniej na rozwój badanych populacji drobnoustrojów glebowych wpływały rośliny motylkowate, ślázowiec pensylwański, topinambur i wiklina amerykańska. Rośliny te mogą być więc wykorzystywane do zagospodarowywania terenów przydomowych oraz poprawy aktywności biologicznej gleb zdegradowanych.

Autorzy składają serdeczne podziękowanie prof. dr hab. Halinie Borkowskiej oraz prof. dr hab. Bolesławowi Stykowi z Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin AR w Lublinie za udostępnienie swojego doświadczenia w RZD Felin.

PIŚMIENNICTWO

- Barabasz W. 1992. Mikrobiologiczne przemiany azotu glebowego. II Biotransformacja azotu glebowego. Post. Mikrobiol. 31, 1, 3–33.
- Barabasz W., Smyk B. 1997. Mikroflora gleb zmęczonych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 452, 37–50.
- Borkowska H., Styk B. 1997. Ślázowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby). Uprawa i wykorzystanie. Wyd. AR w Lublinie.
- Borkowska H., Styk B. 1999. Wartość pastewna niektórych dzikich gatunków roślin wprowadzonych do uprawy polowej. Biul. Nauk. Przem. Pasz. 38, 1, 85–89.
- Burges A., Raw F. 1971. Biologia gleby. PWRiL, Warszawa.
- Kunicki-Goldfinger W.J.H. 2001. Życie bakterii. PWN, Warszawa.
- Mrozowska J. 1999. Laboratorium z mikrobiologii ogólnej i środowiskowej. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Myśków W. 1986. Uwagi metodyczne dotyczące mikrobiologicznych badań gleb uprawnych zróżnicowanych pod wpływem zabiegów agrotechnicznych. Post. Mikrobiol. 25, 3.
- Nowacki E. 1980. Gospodarka azotowa roślin uprawnych. PWRiL, Warszawa.
- Nowak A. 1986. Pomiary oddychania w ocenie wpływu czynników środowiskowych na mikroflorę glebową. Post. Mikrobiol. 25, 3, 273–281.
- Nowosielski O. 1974. Metody oznaczania potrzeb nawożenia. PWRiL, Warszawa.
- Paul E.A., Clark F.E. 2000. Soil Microbiology and Biochemistry. 1998 Academic Press – Polish edition UMCS Lublin.
- Pietr S.J. 1990. Wpływ saprofitycznej mikroflory gleby na wzrost roślin. Post. Nauk Rol. 3, 19–38.
- Rodina A. 1968. Mikrobiologiczne metody badania wód. PWRiL, Warszawa.
- Różycki H., Strzelczyk E. 1985. Połączenia organiczne wydzielane przez drobnoustroje glebowe i korzenie roślin. Post. Mikrobiol. 24, 4, 285–303.
- Rühling A., Tyler G. 1973. Heavy metal pollutions and decomposition of spruce needle litter. Oikos, 24, 402–415.
- Sas L., Mercik S., Matysiak B. 1999. Rola rizosfery w mineralnym odżywianiu się roślin. Post. Nauk Rol. 6, 27–37.
- Smyk B. 1969/1970. Zmęczenie gleb uprawnych w świetle badań mikrobiologicznych i agrobiologicznych. Post. Mikrobiol. 8, 2, 205–224.
- Szember A. 2001. Zarys mikrobiologii rolniczej. Wyd. AR w Lublinie.
- Wielgosz E. 2001. Wpływ wybranych roślin na kształtowanie niektórych zespołów drobnoustrojów glebowych ze szczególnym uwzględnieniem bakterii amonifikujących. Annales UMCS, Sec. E, 56, 175–184.

- Wielgosz E., Gostkowska K., Świca M. 1997. Wpływ niektórych odpadów organicznych na nityfikację w glebie brunatnej użytkowanej sadowniczo. *Annales UMCS, Sec. E*, 52, 299–310.
- Wielgosz E., Szember A., Pryciak I. 2004a. Wpływ wybranych roślin na występowanie zespołów drobnoustrojów glebowych. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 4, 1679–1688.
- Wielgosz E., Szember A., Skwarek J. 2004b. Wpływ wybranych roślin na liczebność i aktywność bakterii biorących udział w przemianach azotu. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 4, 1689–1696.
- Wielgosz E., Szember A., Tokarzewska D. 2002. Wpływ wybranych roślin na liczebność niektórych zespołów drobnoustrojów glebowych oraz aktywność różnych grup morfologicznych bakterii amonifikujących. *Annales UMCS, Sec. E*, 5, 121–137.