

MAGDALENA FRĄC, STEFANIA JEZIERSKA-TYS

**Zmiany aktywności mikrobiologicznej gleby brunatnej  
pod uprawą pszenicy ozimej w różnych latach oddziaływania  
osadu z oczyszczalni ścieków mleczarskich**

Changes of microbial activity of brown soil under winter wheat cultivation in  
different years of the influence of dairy sewage sludge

**Streszczenie.** Nawożenie osadami ściekowymi wpływa nie tylko na rośliny, właściwości fizyczne i chemiczne gleb, ale także na parametry mikrobiologiczne. Badania nad wpływem osadu ścieków mleczarskich na właściwości mikrobiologiczne gleb były głównie krótkoterminowe i prowadzone w warunkach laboratoryjnych. Dlatego też badania prezentowane w niniejszej pracy przeprowadzone zostały w warunkach polowych w różnych latach oddziaływania osadu ścieków mleczarskich na wybrane właściwości mikrobiologiczne gleby brunatnej. Przeprowadzone badania wykazały, że osad ścieków mleczarskich na ogół stymulował rozwój drobnoustrojów. Najwyższą liczebność mikroorganizmów stwierdzono w drugim roku oddziaływania odpadu.

**Słowa kluczowe:** aktywność mikrobiologiczna, gleba brunatna, osad ścieków mleczarskich

WSTĘP

Ograniczenie produkcji nawozów organicznych, tj. obornika, gnojowicy czy gnojówki, spowodowane spadkiem pogłowia zwierząt hodowlanych, przyczyniło się do zmniejszenia ilości wprowadzanej do gleby substancji organicznej. Również w wyniku redukcji zużycia nawozów mineralnych w ostatnich latach spadła ilość składników pokarmowych dostarczanych do gleb. W konsekwencji zjawiska te mogą doprowadzić do obniżenia żyzności i urodzajności gleb [Mazur 1995; Maćkowiak 1996; Wołoszyk i in. 2000]. W celu ograniczenia tego procesu należy wykorzystywać różnorodne alternatywne substancje organiczne, ulegające w glebie rozkładowi, do których zaliczyć można również osady, powstające w wyniku mechanicznego, biologicznego i chemicznego oczyszczania ścieków [Czekała 2000]. Do nawożenia gleb i roślin najkorzystniejsze są

osady ze ścieków przemysłu rolno-spożywczego, m.in. osady mleczarskie [Siuta 2001]. Nawożenie osadami ściekowymi wpływa nie tylko na rośliny, właściwości fizyczne i chemiczne gleb, ale także na parametry mikrobiologiczne. Wykorzystanie wskaźników mikrobiologicznych w analizie środowiska glebowego pomaga ocenić ekologiczny stan gleb, ich aktywność biologiczną oraz żyzność i urodzajność [Beyer i in. 1992].

Dotychczasowe dostępne badania nad wpływem osadu ścieków mleczarskich na właściwości mikrobiologiczne gleb były głównie krótkoterminowe i prowadzone w warunkach laboratoryjnych [Zaman i in. 2002, 2004; Jezierska-Tys i Frąc 2005a, 2005b, 2005c, 2007]. Dlatego też przeprowadzone w warunkach polowych badania wybranych parametrów mikrobiologicznych gleby w różnych latach oddziaływania osadu ścieków mleczarskich istotnie podniosą stan wiedzy dotyczący przemian materii organicznej wniesionej do gleby z tym odpadem.

#### MATERIAŁ I METODY

Badania następczego oddziaływania osadu z oczyszczalni ścieków mleczarskich na aktywność mikrobiologiczną gleby brunatnej przeprowadzono na podstawie doświadczenia polowego, łanowego, o powierzchni 1 ha, założonego w Krasnymstawie. Doświadczenie założono metodą kompletnej randomizacji. Model doświadczenia obejmował następujące obiekty: 1 – gleba kontrolna; 2 – gleba nawożona osadem ściekowym pochodzącym z mleczarni w 2002 r. (pierwszy rok działania); 3 – gleba nawożona osadem ściekowym pochodzącym z mleczarni w 2001 r. (drugi rok działania); 4 – gleba nawożona osadem ściekowym, pochodzącym z mleczarni w 2000 r. (trzeci rok działania); 5 – gleba nawożona osadem ściekowym, pochodzącym z mleczarni w 1999 r. (czwarty rok działania). W doświadczeniu wykorzystano osad ściekowy z oczyszczalni ścieków Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej w Krasnymstawie. Podstawową charakterystykę gleby i osadu zastosowanego w doświadczeniu przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Charakterystyka gleby i osadu ścieków mleczarskich użytego w doświadczeniu  
Table 1. Characteristics of soil and dairy sewage sludge used in the experiment

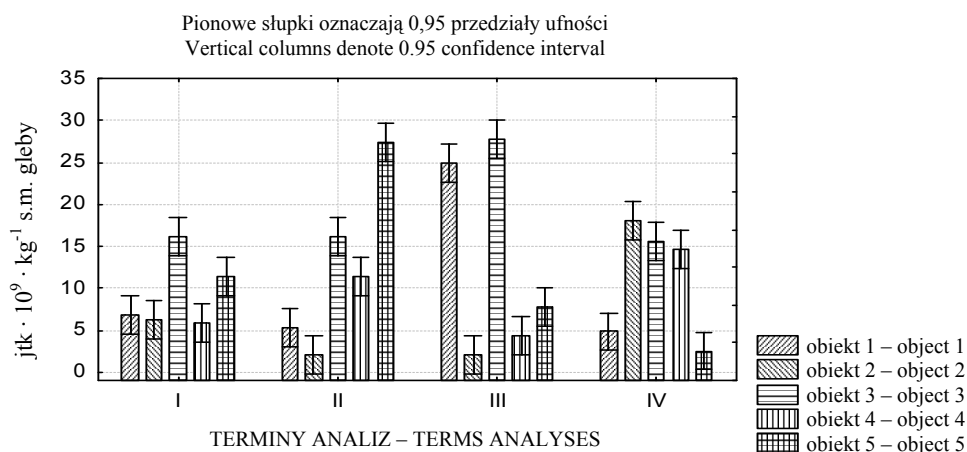
Badany parametr Tested parameter	Gleba brunatna Brown soil	Osad ścieków mleczarskich Dairy sewage sludge (DSS)
pH	6.4	7.23
C (g kg <sup>-1</sup> )	13.5	803
N (g kg <sup>-1</sup> )	1.6	58.2
C : N	8.3	13.8
P	18.3	40
K	26.8	4.6

Osad wprowadzano do gleby jesienią każdego roku, w ilości 22 Mg · ha<sup>-1</sup> (4 Mg ha<sup>-1</sup> s.m.). Obiekty doświadczalne obsiewano pszenicą ozimą. Analizy przeprowadzono w 2003 r., w różnych fazach wegetacji roślin, tj. fazie strzelania w źdźbło, fazie kłoszenia, fazie młeczej oraz po zakończonej wegetacji roślin i obejmowały one oznaczenie następujących parametrów w glebie (w trzech powtórzeniach):

- tzw. ogólnej liczebności bakterii o małych wymaganiach pokarmowych (bakterii oligotroficznych) na podłożu z wyciągiem glebowym i  $K_2HPO_4$ ;
- tzw. ogólnej liczebności grzybów strzępkowych na podłożu Martina [1950];
- liczebności bakterii celulolitycznych na podłożu płynnym [Rodina 1968]; najbardziej prawdopodobną liczbę bakterii odczytano z tablic McCrady'ego;
- liczebności bakterii i grzybów proteolitycznych na podłożu Frazier'a z żelatyną [Rodina 1968];
- liczebności bakterii amonifikacyjnych na podłożu płynnym z peptonem [Rodina 1968]; najbardziej prawdopodobną liczbę bakterii odczytano z tablic McCrady'ego;
- liczebności bakterii nitryfikacyjnych na mineralnym podłożu płynnym [Rodina 1968]; najbardziej prawdopodobną liczbę bakterii odczytano z tablic McCrady'ego.

## WYNIKI

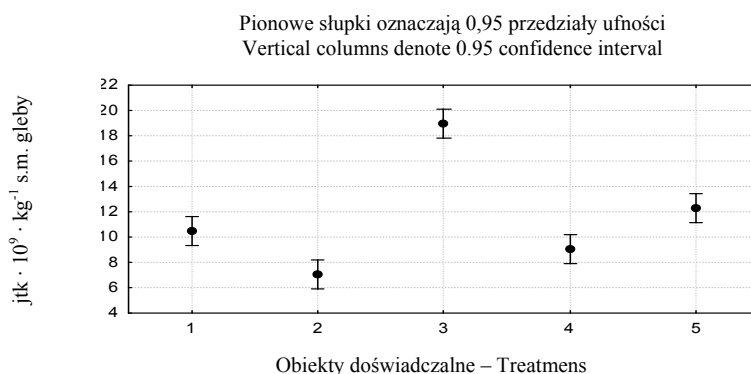
Przeprowadzone badania wykazały, że osad ścieków mleczarskich, wprowadzony do gleby brunatnej, spowodował duże okresowe wahania w ogólnej liczebności bakterii, co ilustruje rysunek 1. Analiza średnich liczebności bakterii, dla poszczególnych obiektów doświadczalnych (rys. 2) wykazała, że wprowadzony do gleby osad ścieków mleczarskich spowodował istotny statystycznie wzrost liczby badanych mikroorganizmów tylko w drugim roku działania (obiekt 3), w porównaniu z wartościami otrzymanymi w kontroli.



Obiekty: 1 – gleba kontrolna; 2 – pierwszy rok działania osadu; 3 – drugi rok działania osadu; 4 – trzeci rok działania osadu; 5 – czwarty rok działania osadu. Terminy analiz (2003 r.): I – faza strzelania w źdźbło, II – faza kłoszenia, III – faza mleczna, IV – po zbiorze roślin

Treatments: 1 – control soil; 2 – effect of sludge in the first year; 3 – effect of sludge in the second year; 4 – effect of sludge in the third year; 5 – effect of sludge in the fourth year. Terms of analyses (2003 year): I – shooting, II – heading, III – milking yield, IV – after the plants harvest

Rys. 1. Okresowa liczebność bakterii w poszczególnych obiektach doświadczalnych  
Fig. 1. Periodical numbers of bacteria in particular treatments

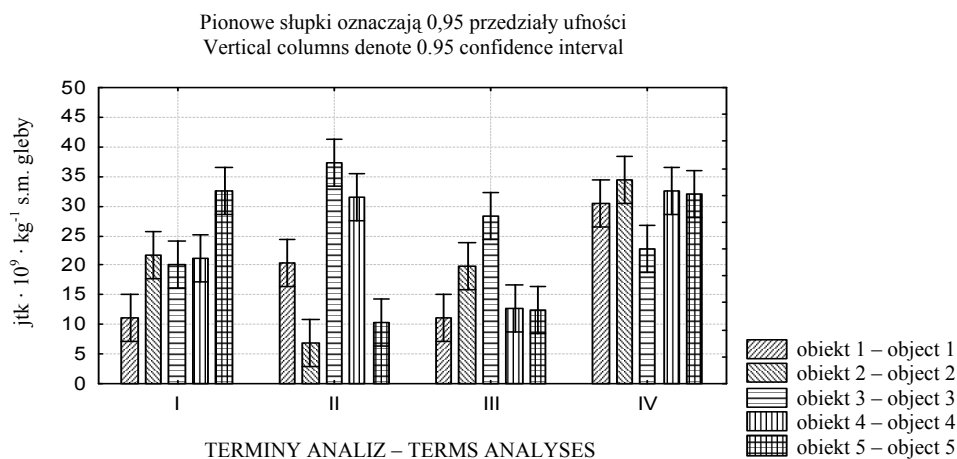


Rys. 2. Średnie liczebności bakterii w glebie brunatnej w poszczególnych obiektach doświadczalnych.  
Objaśnienia jak do rys. 1

Fig. 2. Mean values of bacteria population in brown soil in particular treatments. Explanations: see fig. 1

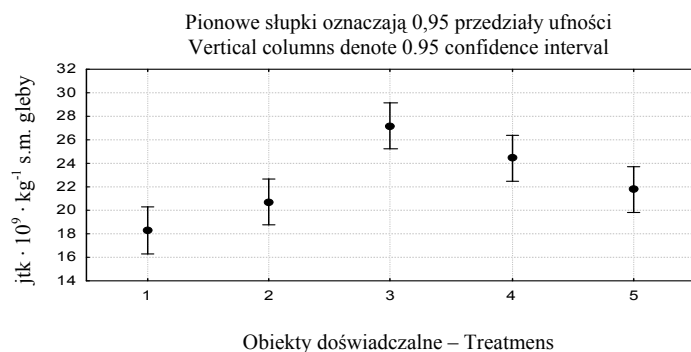
Z danych zamieszczonych na rysunkach 3 i 4 wynika, że osad ścieków mleczarskich oraz czas jego zastosowania miały istotny wpływ na kształtowanie się liczebności grzybów w badanej glebie. Liczebność grzybów ulegała wahaniom w ciągu okresu badawczego. Z analizy średnich dla poszczególnych obiektów doświadczalnych (rys. 4) wynika, że istotne pobudzenie rozwoju grzybów przez osad ściekowy, w warunkach polowych zaznaczyło się w obiekcie 3 i 4, tj. w drugim i trzecim roku oddziaływania odpadu na środowisko glebowe. W pozostałych dwóch obiektach z osadem (2 i 5), tj. w pierwszym i czwartym roku oddziaływania, średnia liczebność grzybów była na poziomie nieistotnie wyższym niż w kontroli.

Zmiany liczebności bakterii celulolitycznych w okresie badawczym w glebie brunatnej przedstawia rysunek 5. Średnie liczebności badanych bakterii wskazują, że najintensywniejszy rozwój tych mikroorganizmów wystąpił w glebie w pierwszym roku działania osadu ściekowego z mleczarni (rys. 6).



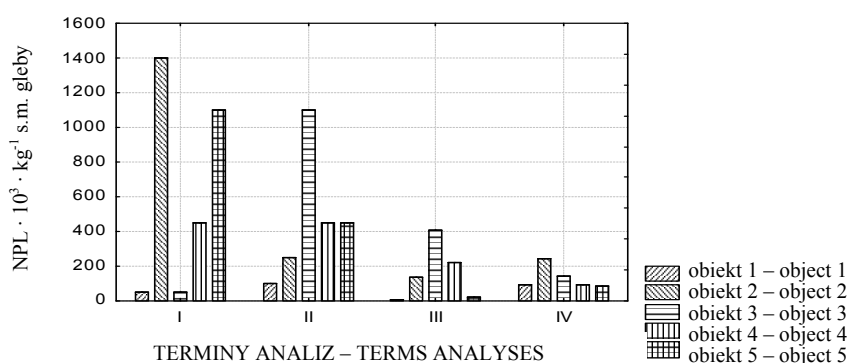
Rys. 3. Okresowa liczebność grzybów w poszczególnych obiektach doświadczalnych.  
Objaśnienia jak do rys. 1

Fig. 3. Periodical numbers of fungi in particular treatments. Explanations: see fig. 1



Rys. 4. Średnie liczebności grzybów w glebie brunatnej w poszczególnych obiektach doświadczalnych. Objaśnienia jak do rys. 1

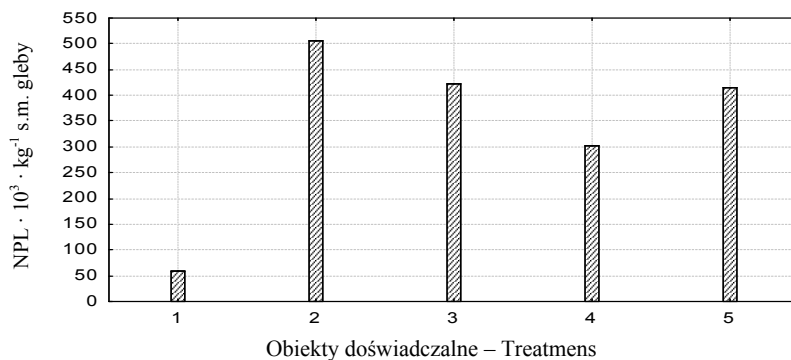
Fig. 4. Mean numbers of fungi in brown soil in particular treatments. Explanations: see fig. 1



Rys. 5. Okresowa liczebność bakterii celulolitycznych w poszczególnych obiektach doświadczalnych. Objaśnienia jak do rys. 1

Fig. 5. Periodical numbers of cellulolytic bacteria in particular treatments

Explanations: see fig. 1

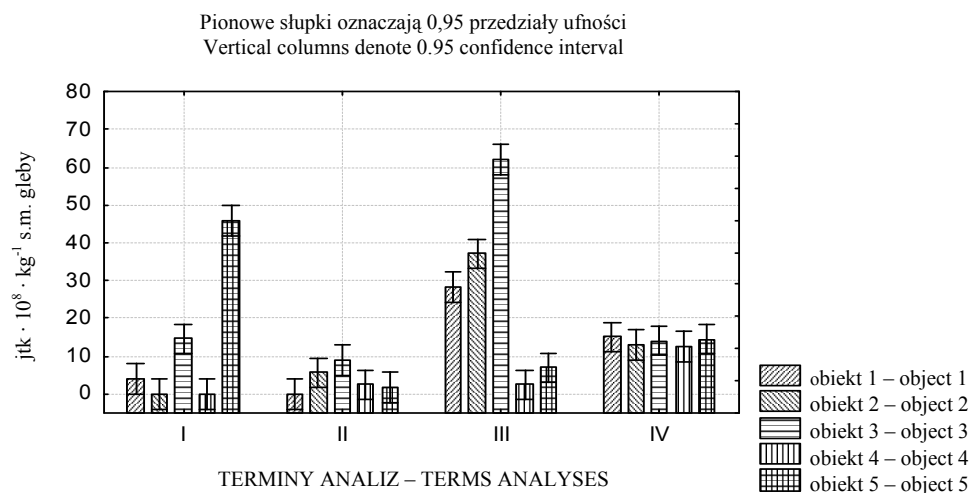


Rys. 6. Średnie liczebności bakterii celulolitycznych w glebie brunatnej w poszczególnych obiektach doświadczalnych. Objaśnienia jak do rys. 1

Fig. 6. Mean numbers of cellulolytic bacteria in brown soil in particular treatments.

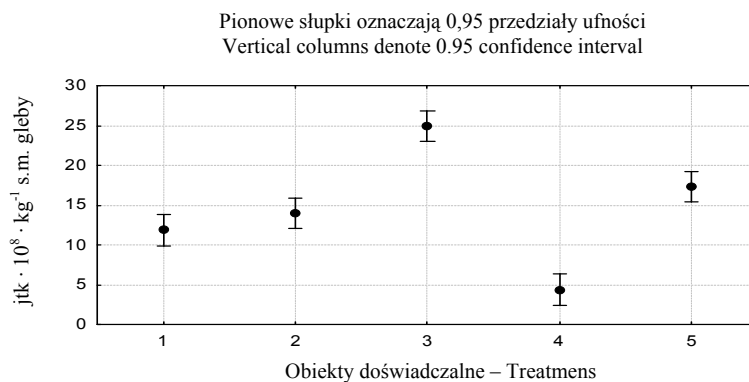
Explanations: see fig. 1

Wyniki przedstawione na rysunku 7 wskazują, że zastosowany osad ścieków mleczarskich miał istotny wpływ na kształtowanie się liczebności bakterii proteolitycznych w badanej glebie. Liczebność analizowanej grupy drobnoustrojów podlegała okresowym wahaniom. Analiza średnich liczebności badanych mikroorganizmów w poszczególnych obiektach (rys. 8) wskazuje, że najsilniejszy ich rozwój wystąpił w obiekcie 3, tj. w drugim roku oddziaływania odpadu. Istotnie wyższą średnią liczebnością bakterii proteolitycznych w porównaniu z kontrolą charakteryzował się również obiekt 5, tj. w czwartym roku oddziaływania osadu. Istotne obniżenie liczebności bakterii rozkładających azotowe substancje organiczne w stosunku do kontroli odnotowano natomiast w glebie w trzecim roku działania odpadu (obiekt 4).



Rys. 7. Okresowa liczebność bakterii proteolitycznych w poszczególnych obiektach doświadczalnych. Objasnienia jak do rys. 1

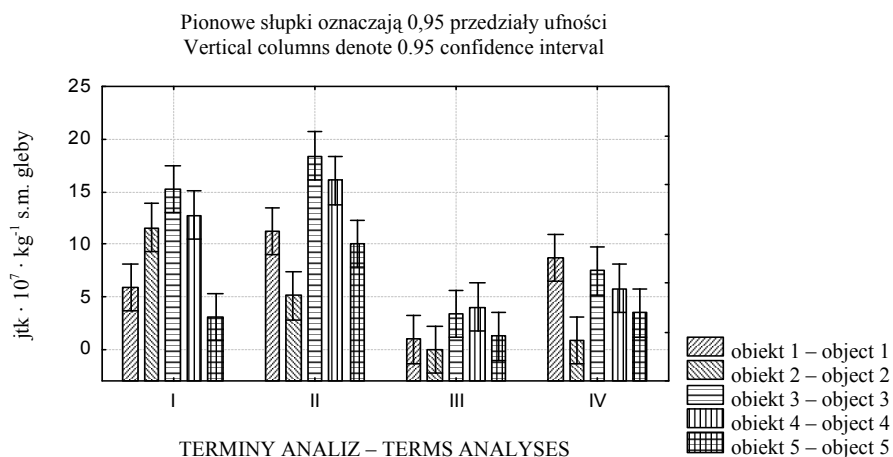
Fig. 7. Periodical numbers of proteolytic bacteria in particular treatments  
Explanations: see fig. 1



Rys. 8. Średnie liczebności bakterii proteolitycznych w glebie brunatnej w poszczególnych obiektach doświadczalnych. Objasnienia jak do rys. 1

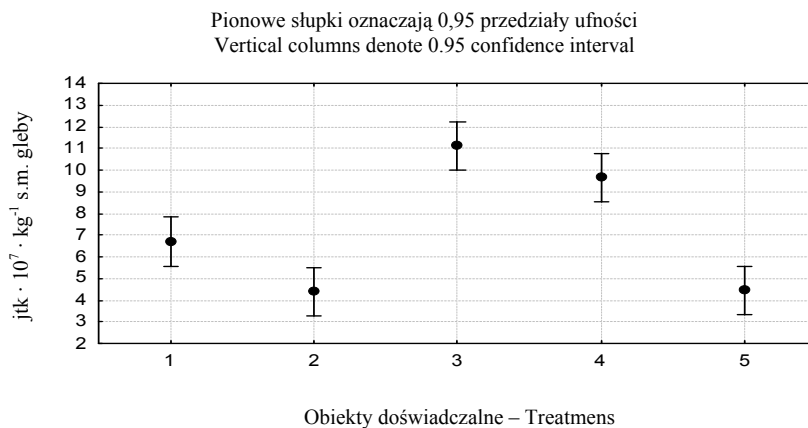
Fig. 8. Mean numbers of proteolytic bacteria in brown soil in particular treatments  
Explanations: see fig. 1

Liczebność grzybów o uzdolnieniach proteolitycznych w glebie nawożonej osadem ściekowym z mleczarni podlegała okresowym wahaniom (rys. 9). Analizując średnie liczebności grzybów „proteolitycznych” dla obiektów doświadczalnych (rys. 10), można stwierdzić, że stymulujące oddziaływanie osadu ścieków mleczarskich uwidoczniło się tylko w glebie w 2 i 3 roku oddziaływania odpadu (obiekt 3 i 4). Natomiast w pierwszym i czwartym roku działania osadu (obiekt 2 i 5) odnotowano obniżenie liczebności grzybów uzdolnionych do rozkładu połączeń białkowych w stosunku do ich ilości w glebie kontrolnej.



Rys. 9. Okresowa liczebność grzybów „proteolitycznych” w poszczególnych obiektach doświadczalnych. Objaśnienia jak do rys. 1

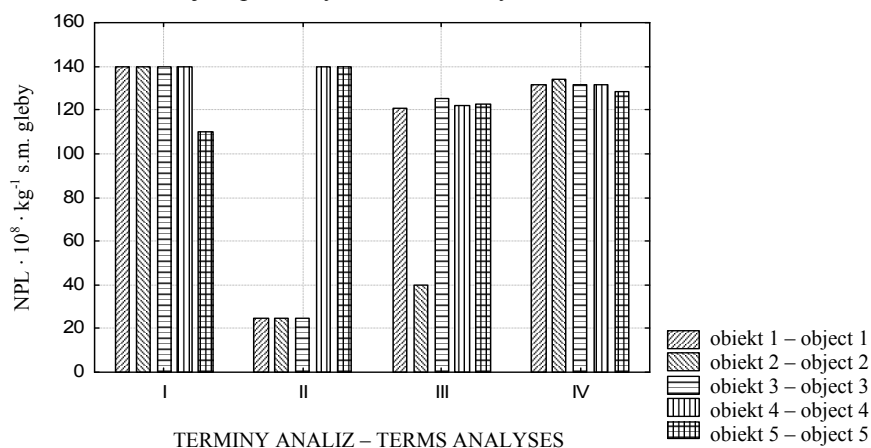
Fig. 9. Periodical numbers of „proteolytic” fungi in particular treatments  
Explanations: see fig. 1



Rys. 10. Średnie liczebności grzybów „proteolitycznych” w glebie brunatnej w poszczególnych obiektach doświadczalnych. Objaśnienia jak do rys. 1

Fig. 10. Mean numbers of „proteolytic” fungi in brown soil in particular treatments. Explanations: see fig. 1

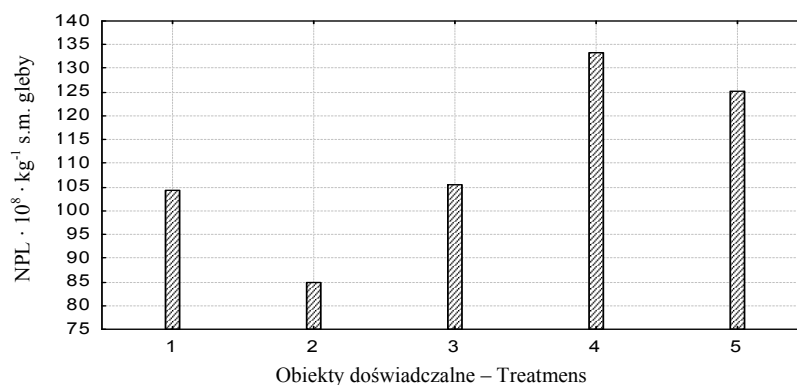
Liczebność bakterii amonifikacyjnych w czasie okresu badawczego kształtowała się na poziomie od  $24,9 \cdot 10^8$  do  $139,8 \cdot 10^8 \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. gleby (rys. 11). Analiza średnich liczebności amonifikatorów dla poszczególnych obiektów doświadczalnych (rys. 12) wskazuje na najwyższy wzrost liczebności tych mikroorganizmów w trzecim roku oddziaływania osadu ścieków mleczarskich (obiekt 4) na środowisko glebowe. Spadek liczebności badanych bakterii poniżej wartości uzyskanych w kontroli wystąpił natomiast w obiekcie 2, tj. w pierwszym roku oddziaływania osadu.



Rys. 11. Okresowa liczebność bakterii amonifikacyjnych w poszczególnych obiektach doświadczalnych. Objaśnienia jak do rys. 1

Fig. 11. Periodical numbers of ammonifying bacteria in particular treatments.

Explanations: see fig. 1



Rys. 12. Średnie liczebności bakterii amonifikacyjnych w glebie brunatnej w poszczególnych obiektach doświadczalnych. Objaśnienia jak do rys. 1

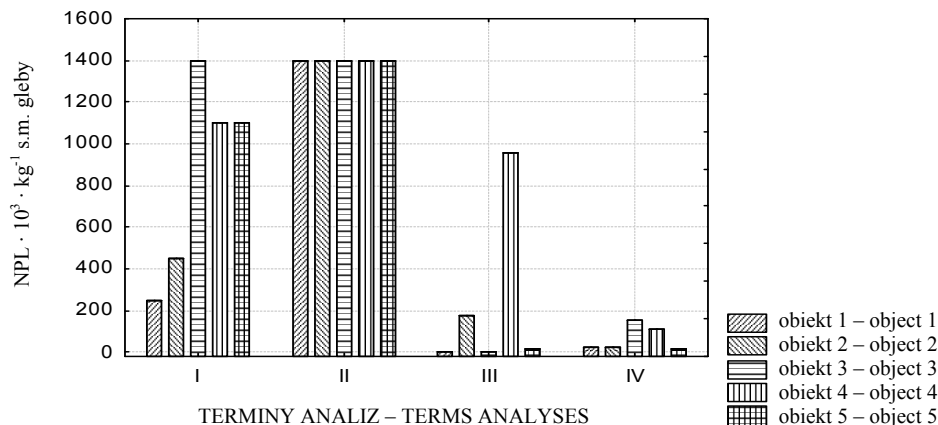
Fig. 12. Mean numbers of ammonifying bacteria in brown soil in particular treatments.

Explanations: see fig. 1

Analiza okresowej dynamiki zmian liczebności bakterii nityfikacyjnych wskazuje na intensywny rozwój nityfikatorów, zwłaszcza w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia, we wszystkich obiektach doświadczalnych (rys. 13). Analiza średnich liczebności bakte-

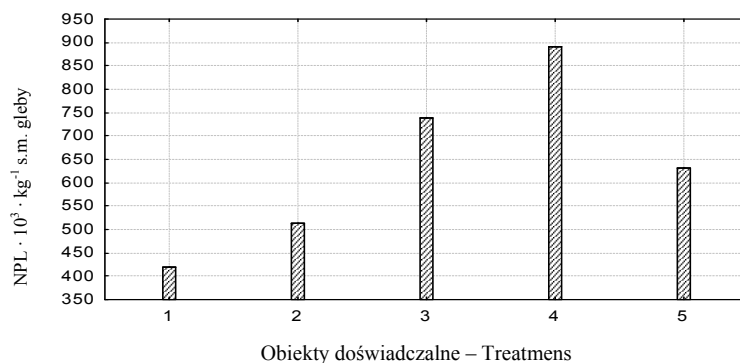


rii nityfikacyjnych dla poszczególnych obiektów doświadczalnych wykazała, że rozwój badanych mikroorganizmów był stymulowany przez wprowadzony do gleby osad ściekowy we wszystkich latach oddziaływania tego odpadu. Efekt ten najwyraźniej uwidocznił się w trzecim roku oddziaływania odpadu, a najslabiej w pierwszym, co ilustruje rysunek 14.



Rys. 13. Okresowa liczebność bakterii nityfikacyjnych w poszczególnych obiektach doświadczalnych. Objasnienia jak do rys. 1

Fig. 13. Periodical numbers of nitrifying bacteria in particular treatments. Explanations: see fig. 1



Rys. 14. Średnie liczebności bakterii nityfikacyjnych w glebie brunatnej w poszczególnych obiektach doświadczalnych. Objasnienia jak do rys. 1

Fig. 14. Mean numbers of nitrifying bacteria in brown soil in particular treatments Explanations: see fig. 1

W celu wykazania współzależności między badanymi grupami mikroorganizmów w glebie wzbogaconej osadem ściekowym z mleczarni przeprowadzono analizę korelacji pomiędzy tymi parametrami. W obrębie badanych grup drobnoustrojów stwierdzono silne dodatnie korelacje między ogólną liczebnością bakterii a liczebnością bakterii proteolitycznych i amonifikacyjnych, pomiędzy ogólną liczebnością grzybów a liczbą bakterii celulolitycznych oraz pomiędzy liczbą bakterii celulolitycznych a liczebnością grzybów „proteolitycznych” i bakterii nityfikacyjnych (tab. 2).

Tabela 2. Współczynniki korelacji (r) pomiędzy mikrobiologicznymi parametrami gleby  
 Table 2. Correlation coefficients (r) between microbiological properties of soil

Mikroorganizmy Microorganisms	Bakterie oligotroficzne <i>Oligotrophic bacteria</i>	Grzyby strzępkowe <i>Filamentous fungi</i>	Bakterie celulolityczne <i>Cellulolytic bacteria</i>	Bakterie proteolityczne <i>Proteolytic bacteria</i>	Grzyby proteolityczne „ <i>Proteolytic fungi</i> ”	Amonifikatory Ammonifiers	Nitryfikatory Nitrifiers
Bakterie oligotroficzne <i>Oligotrophic bacteria</i>		-	-	0.37**	-	0.33*	-
Grzyby strzępkowe <i>Filamentous fungi</i>			0.42**	-	-	-	-
Bakterie celulolityczne <i>Cellulolytic bacteria</i>				-	0.40**	-	0.49***
Bakterie proteolityczne <i>Proteolytic bacteria</i>				-	-0.43***	-	-0.43***
Grzyby proteolityczne „ <i>Proteolytic</i> ” fungi						-	0.69***
Amonifikatory Ammonifiers						-	-0.35**
Nitryfikatory Nitrifiers							

Brak korelacji, poziom istotności: \* p = 0,05; \*\* p = 0,01; \*\*\* p = 0,001 – No correlation, significance level: \* p = 0.05; \*\* p = 0.01; \*\*\* p = 0.001

## DYSKUSJA

Odpady organiczne, w tym osady ściekowe, w warunkach nieodpowiedniej gospodarki przyczyniają się do degradacji środowiska [Sims 1996; Baran i in. 2002]. Konieczne jest więc opracowanie metod bezpiecznej dla środowiska utylizacji tych odpadów, na przykład przez ich rolnicze wykorzystanie [Sims 1996, Siuta 2002]. Z ekologicznego punktu widzenia ważnym zagadnieniem jest poznanie oddziaływania osadów z oczyszczalni ścieków mleczarskich na mikroorganizmy i ich aktywność w glebach. W związku z tym w prezentowanej pracy podjęto próbę określenia wpływu tych odpadów na wybrane mikrobiologiczne parametry gleb.

Przeprowadzone badania własne wykazały, że liczebność mikroorganizmów w badanych glebach była istotnie zależna od zastosowanych czynników doświadczalnych, tj. wprowadzonego osadu oraz czasu jego oddziaływania. Wyniki badań własnych wskazują na aktywizujące wobec drobnoustrojów glebowych oddziaływanie osadu ścieków mleczarskich. Efekt ten należy tłumaczyć wzbogaceniem gleby w substancję organiczną, azot ogółem oraz składniki mineralne, na co zwraca uwagę wielu autorów [Dar 1997, Kucharski 1997, Blechschmidt i in. 1999, Nowak i in. 2001], którzy stwierdzili stymulację rozwoju mikroorganizmów w glebach użyźnianych osadami ściekowymi. Odnotowana w doświadczeniu polowym tendencja do intensywniejszego rozwoju bakterii o małych wymaganiach pokarmowych w drugim roku badań była spowodowana zapewne większą zawartością dostępnych substancji pokarmowych dla tych drobnoustrojów. Stymulacja rozwoju grzybów, bakterii proteolitycznych, amonifikacyjnych i nityfikacyjnych, stwierdzona w czwartym roku badań, wskazuje na powolny rozkład substancji organicznych wprowadzonych do środowiska glebowego, umożliwiający rozwój poszczególnych grup mikroorganizmów. Również inni autorzy [Zaman i in. 1998; Beltran-Hernandez i in. 1999; Zaman i in. 2004] w swoich badaniach mówią o powolnym rozkładzie substancji organicznych wprowadzonych do gleby. Stwierdzone w badaniach własnych różnice w tzw. ogólnej liczebności bakterii spowodowane były prawdopodobnie wyższym poziomem składników pokarmowych w osadzie niż w glebie. Wcześniejsze badania Jezierskiej-Tys i Frąc [2005c] dowiodły, że osad ścieków mleczarskich wywoływał wzrost liczebności bakterii i grzybów w glebie. Istotny wzrost liczebności bakterii w obiektach z osadem mógł być również spowodowany wyselekcjonowaniem się populacji bakterii wykorzystujących dostępne składniki pokarmowe występujące w tym odpadzie. Bakterie są bardziej efektywne w wykorzystywaniu mineralnych form azotu niż grzyby, które z kolei wymagają dostarczenia większych ilości C organicznego [Paul i Clark 2000]. Według Barabasa [1992] przeważająca część mikroorganizmów glebowych wykorzystuje głównie amonową formę azotu. Pobudzenie przez osad ściekowy rozwoju bakterii oligotroficznych odnotowali w badaniach laboratoryjnych Furczak i Joniec [2002]. Czynnikiem sprzyjającym namnażaniu się bakterii w glebie brunatnej, wzbogaconej osadem, wydaje się być również odczyn, zbliżony do obojętnego. Stymulacja rozwoju omawianych grup drobnoustrojów w glebie z osadem mogła być także spowodowana dostarczeniem z tym odpadem materii organicznej. Istotnie wyższa liczebność bakterii i grzybów w początkowej fazie przeprowadzonych badań mogła być związana z rozwojem drobnoustrojów mineralizujących łatwo dostępną substancję organiczną. Dodatni wpływ nawożenia osadem ściekowym z mleczarni na kształtowanie się liczebności bakterii i grzybów glebowych we wcześniejszych badaniach wykazały także Jezierska-Tys i Frąc [2005c]. Badania Limy i in. [1996] wykazały dodatnią korelację

między liczebnością bakterii a liczebnością grzybów nitkowatych w glebie wzbogaconej osadem ściekowym. Wzrost liczebności bakterii i grzybów w glebie pod wpływem osadu ściekowego w warunkach polowych odnotowali w swoich badaniach Gostkowska i in. [2000]. W toku badań własnych również wykazano potwierdzony statystycznie wzrost liczebności omawianych mikroorganizmów w glebie wzbogaconej osadem ściekowym z mleczarni. Jednak z uzyskanych danych wynika, że na zmiany w liczebności bakterii i grzybów miały wpływ: sezon wegetacyjny oraz czas oddziaływania odpadu. Prawdopodobnie w pierwszym roku działania osadu grzyby ustępowały bakteriom w współzawodnictwie o łatwiej dostępny pokarm. Zdaniem wielu autorów, m.in. Kobusa i in. [1990] oraz Sastre i in. [1996] aktywność mikrobiologiczna gleb zależy od zawartości w niej materii organicznej. Ponieważ w osadzie z oczyszczalni ścieków mleczarskich występują różnego rodzaju substancje organiczne i składniki pokarmowe, wydaje się, że główną przyczyną obserwowanego w badaniach własnych pobudzenia rozwoju grzybów było wzbogacenie gleby w związki pochodzące z tego odpadu.

Z przeprowadzonych badań własnych wynika, że populacje bakterii uczestniczyły także w mineralizacji celulozy. Świadczył o tym wzrost liczebności bakterii celulolitycznych po wprowadzeniu osadu ścieków mleczarskich. Rozwojowi bakterii celulolitycznych sprzyja także wyższy odczyn środowiska. Optimum pH dla aktywności celulaz bakteryjnych wynosi około 7 [Paul i Clark 2000]. Prawdopodobnie z tego powodu odnotowano istotny wzrost liczby bakterii celulolitycznych w badanej glebie. Wyniki badań własnych wskazują, że najsilniejsze oddziaływanie osadu na liczebność bakterii celulolitycznych wystąpiło w pierwszym roku oddziaływania odpadu, ale również ten wpływ był widoczny w czwartym roku działania osadu. Przeprowadzone badania wykazały duże okresowe wahania w rozwoju badanej grupy drobnoustrojów, jednak najwyższą stymulację ich rozwoju odnotowano w fazie strzelania w żdźbło, a następnie obserwowano tendencję spadkową w ciągu okresu wegetacyjnego. Wyraźnie stymulujący wpływ osadu ścieków mleczarskich na liczebność bakterii celulolitycznych wiosną oraz słabnący w kolejnych miesiącach analiz odnotowali w swoich badaniach Jezierska-Tys i in. [2005]. Takie wyniki badań własnych wskazują na udział bakterii celulolitycznych w rozkładzie połączeń węglowych występujących we wprowadzonym do gleby osadzie ścieków mleczarskich.

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono wyraźną reakcję bakterii i grzybów „proteolitycznych” na nawożenie osadem ściekowym z mleczarni. Z otrzymanych danych wynika, że oddziaływanie tego odpadu na rozwój mikroorganizmów „proteolitycznych” było stymulujące. Osad ścieków mleczarskich stanowi bogate źródło azotowych związków organicznych [Fidecki 2002], dlatego też odnotowana w niniejszym doświadczeniu stymulacja rozwoju bakterii i grzybów „proteolitycznych” była wywołana wzbogaceniem gleby w azotowe związki organiczne pochodzenia osadowego, będące źródłem pokarmu dla tej grupy drobnoustrojów. Pobudzenie rozwoju bakterii proteolitycznych w wyniku nawożenia osadem ścieków komunalnych odnotowali również w swoich badaniach Joniec i Furczak [2005] oraz Jezierska-Tys i Frąc [2005a]. Z przeprowadzonych badań wynika, że liczebność mikroorganizmów „proteolitycznych” zwiększała się w glebie nawożonej osadem ściekowym pochodzącym z mleczarni, jednak efekt ten obniżał się wraz z upływem czasu oddziaływania tego odpadu, osiągając najniższe wartości w 3 lub 4 roku oddziaływania. Słabnący wpływ zastosowanego odpadu na liczebność badanych drobnoustrojów w czasie trwania doświadczenia należy prawdopodobnie tłumaczyć wyczerpywaniem się substratów pokarmowych dla tych mikroorganizmów.

Przeprowadzone badania wykazały korzystny wpływ osadu ścieków mleczarskich na liczebność bakterii amonifikacyjnych i nityfikacyjnych. Badania Jeziarskiej-Tys i in. [2004a, 2004b] oraz Jeziarskiej-Tys i Frąc [2005b] wykazały również stymulujące oddziaływanie osadu ścieków mleczarskich na rozwój nityfikatorów w glebie brunatnej. Mazur [1991] podkreśla, że sama aktywność nityfikatorów świadczy w oczywisty sposób o korzystnych dla roślin właściwościach gleby, z uwagi na ich wysokie wymagania w zakresie zapotrzebowania na składniki pokarmowe, wrażliwość na zakwaszenie i niedostateczną aerację gleby. Można też uznać, że łatwość przemieszczania azotanów (V) nieograniczona przez procesy sorpcyjne sprzyja pobieraniu tej formy azotu przez rośliny w porównaniu z formą amonową. Wydaje się więc, że stymulacja rozwoju bakterii nityfikacyjnych w wyniku nawożenia gleby osadem ścieków mleczarskich świadczy również o korzystnym oddziaływaniu tego odpadu na właściwości gleby. Z drugiej jednak strony azotany (V) są bardziej narażone na straty niż sole amonowe [Adams 2003; Barabasz 1991, 1992], w związku z tym pozytywna ocena nityfikacji może budzić uzasadnione wątpliwości. Jednak wzrost liczby nityfikatorów, utleniających  $N-NH_4$  do  $N-NO_3$  – formy bardziej dostępnej dla roślin, w okresie ich intensywnego wzrostu wydaje się być jak najbardziej pożądany, a ten rezultat można osiągnąć przez nawożenie gleby osadem z oczyszczalni ścieków mleczarskich. Natomiast według Mazura [1991] ograniczenie zawartości azotanów (V) w glebie wydaje się być celowe w okresach ograniczonego pobierania azotu przez rośliny. Podczas sezonu wegetacyjnego stwierdzono obniżanie się liczebności tych mikroorganizmów w glebie nawożonej osadem z oczyszczalni ścieków mleczarskich, co prawdopodobnie związane było z wyczerpaniem się substratów dla tej grupy drobnoustrojów.

#### WNIOSKI

1. Przeprowadzone w niniejszej pracy badania wykazały, że osad ścieków mleczarskich wpływa korzystnie na właściwości mikrobiologiczne gleby i może być uznawany za produkt wartościowy pod względem nawozowym.
2. Wprowadzony do gleby osad ścieków mleczarskich aktywizował populacje drobnoustrojów w zależności od czasu jego oddziaływania oraz okresu wegetacyjnego rośliny.
3. Najwyższą liczebnością większości badanych grup drobnoustrojów, tj. tzw. ogólnej liczebności bakterii, tzw. ogólnej liczebności grzybów oraz liczebności bakterii i grzybów „proteolitycznych” cechowała się gleba w drugim roku oddziaływania osadu ścieków mleczarskich.
4. Zastosowane testy mikrobiologiczne okazały się czułymi wskaźnikami właściwości mikrobiologicznych gleby nawożonej osadem ścieków mleczarskich.

#### PIŚMIENNICTWO

- Adams M.B., 2003. Ecological issues related to N deposition to natural ecosystems: research needs. *Envir. Inter.* 29, 189–199.
- Barabasz W., 1991. Mikrobiologiczne przemiany azotu glebowego. I. Biogeochemia azotu glebowego. *Post. Mikrob.* 30, 4, 395–409.

- Barabasz W., 1992. Mikrobiologiczne przemiany azotu glebowego. II Biotransformacja azotu glebowego. *Post. Mikrob.* 31, 1, 3–33.
- Baran S., Oleszczuk P., Żukowska G., 2002. Zasoby i gospodarka odpadami organicznymi w Polsce. *Acta Agrophys.* 73, 17–34.
- Beltrán-Hernández R. I., Coss-Muñoz E., Luna-Guido M. L., Mercado-García F., Siebe C., Dendooven L., 1999. Carbon and nitrogen dynamics in alkaline saline soil of the former Lake Texcoco (Mexico) as affected by application of sewage sludge. *Eur. J. Soil Science.* 50, 4, 601–608.
- Beyer Y., Wachendorf C., Balzer F. M., Balzer-Graf U. R., 1992. The use of biological methods to determine the microbiological activity of soil under cultivation. *Biol. Fertil. Soils.* 13, 242–247.
- Blechs Schmidt R., Schaaf W., Hüttl R.F., 1999. Soil microorganism experiments to study the effects of waste material application on nitrogen and carbon turnover of lignite mine spoils in Lusatia (Germany). *Plant Soil.* 213, 23–30.
- Czekala J., 2000. Wartość próchnicotwórcza i działanie nawozowe osadu ściekowego. *Fol. Univ. Agric. Stetin. Agricult.* 84, 75–80.
- Dar H.G., 1997. Impact of lead and sewage sludge on soil microbial biomass and carbon and nitrogen mineralization. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 58, 234–240.
- Fidecki M., 2002. Wartość nawozowa osadu ściekowego z mleczarni. *Rozpr. dokt. AR Lublin.*
- Furczak J., Joniec J., 2002. Studies of the effects of the level of sewage sludge crumbling on microbial and biochemical activities of soil. *Pol. J. Soil Sci.* 35, 1, 59–67.
- Gostkowska K., Szwed A., Furczak J., 2000. Evaluation of the microbiological state of the soil degraded by orchard performance after its enrichment with organic wastes. *Pol. J. Soil Sci.* 33, 1, 87–96.
- Jeziarska-Tys S., Frąc M., 2005a. Changes in the enzymatic activity and the number of proteolytic microorganisms in brown soil under the influence of organic fertilization and cultivation of spring wheat. *Pol. J. Soil Sci.* 38, 1, 61–68.
- Jeziarska-Tys S., Frąc M., 2005b. Studies into the effect of sewage sludge from dairy plant on nitrogen transformation in brown soil. *Pol. J. Soil Sci.* 38, 1, 69–75.
- Jeziarska-Tys S., Frąc M., 2005c. The effect of fertilization with sewage sludge from a dairy plant and with straw on the population numbers of selected microorganisms and respiration activity of brown soil. *Pol. J. Soil Sci.* 38, 2, 145–151.
- Jeziarska-Tys S., Frąc M., 2007. The influence of dairy sewage sludge and FYM on the numbers and biochemical activity of microorganisms that participate in the transformations of soil nitrogen. *Pol. J. Environ. Stud.* 16, 2A, 3, 686–693.
- Jeziarska-Tys S., Frąc M., Fidecki M., 2004a. Wpływ nawożenia osadem ściekowym pochodzącym z mleczarni na przemiany azotu w glebie brunatnej. *Annales UMCS, sec. E.* 59, 3, 1167–1173.
- Jeziarska-Tys S., Frąc M., Fidecki M., 2004b. Wpływ nawożenia osadem ściekowym na aktywność enzymatyczną gleby brunatnej. *Annales UMCS, sec. E.* 59, 3, 1175–1181.
- Jeziarska-Tys S., Frąc M., Fidecki M., 2005. Wpływ nawożenia osadem ściekowym pochodzącym z mleczarni na aktywność respiracyjną oraz liczebność bakterii i grzybów w glebie brunatnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 506, 205–212.
- Joniec J., Furczak J., 2005. Ocena ogólnej liczby drobnoustrojów w glebie wzbogaconej osadem ścieków komunalno-przemysłowych. *Mat. Konf. Kształowanie i Ochrona Środowiska – uwarunkowania przyrodnicze, techniczne i społeczno-ekonomiczne.* Olsztyn, Inż. Ekol. 11, 151–152.
- Kobus J., Czaban J., Gajda A., 1990. Wpływ osadu ściekowego na aktywność biologiczną gleb zdegradowanych i przemiany w nich węgla, azotu, fosforu i cynku. *Pam. Puł.* 96, 121–137.
- Kucharski J., 1997. Relacja między aktywnością enzymów a żyznością gleby. *Mat. Konf. Drobnoustroje w środowisku występowanie, aktywność i znaczenie,* Kraków, 327–347.
- Lima J.A., Nahas E., Gomes A.C., 1996. Microbial populations and activities in sewage sludge and phosphate fertilizer-amended soil. *Appl. Soil Ecol.* 4, 75–82

- Maćkowiak C., 1996. Nawozowa użyteczność osadów ściekowych w świetle badań IUNG. Mat. Konf. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych, Puławy – Lublin – Jeziórko, 35–39.
- Martin J.P., 1950. Use of acid rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil. Sci.* 69, 215–233.
- Mazur T., 1991. Azot w glebach uprawnych. PWN, Warszawa.
- Mazur T., 1995. Rozważania o degradacji gleb w wyniku nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 418, 25–36.
- Nowak A., Przybulewska K., Szopa E., 2001. Wpływ nawożenia kompostami z osadów ściekowych na liczebność niektórych grup mikroorganizmów glebowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 477, 443–449.
- Paul E.A., Clark F.E., 2000. *Mikrobiologia i biochemia gleb*. Wyd. UMCS, Lublin.
- Rodina A., 1968. *Mikrobiologiczne metody badania wód*. PWRiL, Warszawa.
- Sastre I., Vicente M.A., Lobo M.C., 1996. Influence of the application of sewage sludges on soil microbial activity. *Biores. Tech.* 57, 1, 19–23.
- Sims R.E.H., 1996. Utilisation of waste organic matter. *Agr. Ecosyst. Environ.* 58, 91–95.
- Siuta J., 2001. Gospodarka odpadami w środowisku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 477, 275–285.
- Siuta J., 2002. *Przyrodnicze użytkowanie odpadów*. Monografia. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Wołoszyk Cz., Krzywy E., Jakubowski W., 2000. Badania nad rolniczym wykorzystaniem odpadów komunalnych i przemysłowych. *Fol. Univ. Agric. Stetin. Agricult.* 84, 527–532.
- Zaman M., Cameron K. C., Di H. J., Inubushi K., 2002. Changes in mineral N, microbial biomass and enzyme activities in different soil depths after surface applications of dairy shed effluent and chemical fertilizer. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 63, 275–290.
- Zaman M., Matsushima M., Chang S.X., Inubushi K., Nguyen L., Goto S., Kaneko F., Yoneyama T., 2004. Nitrogen mineralization, N<sub>2</sub>O production and soil microbiological properties as affected by long-term applications of sewage sludge composts. *Biol. Fertil. Soils.* 40, 101–109.
- Zaman M., Noonan M. J., Cameron K. C., Di H. J., 1998. Nitrogen mineralisation rates from soil amended with dairy pond waste. *Austr. J. Soil Res.* 36, 2, 217–230.

**Summary.** Fertilization with sewage sludge affects plants, physical and chemical properties, but also on microbial activity. The studies concerning the influence of dairy sewage sludge on microbiological properties were short-term and carried out in laboratory conditions. In this paper the studies were carried out in field conditions in different years of effect of dairy sewage sludge on selected microbiological properties of brown soil. The results of this research indicated that dairy sewage sludge increased the development of microorganisms. Their highest number was noted in the second year of the effect of sludge.

**Key words:** microbiological activity, brown soil, dairy sewage sludge