

POWIĄZANIE MIĘDZY SPOSOBEM NAWOŻENIA
PSZENICY OZIMEJ A LICZEBNOŚCIĄ WYBRANYCH
MIKROORGANIZMÓW CYKLU AZOTOWEGO

A.I. Wyczółkowski¹, M.Dąbek-Szreniawska¹, M. Wyczółkowska¹, J. Kuś²

¹Institut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego

Polska Akademia Nauk, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

²Institut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa, Al. Królewska 1, 24-100 Puławy

Streszczenie: Ilość drobnoustrojów amonifikujących i redukujących azotany w badanej glebie jest wyraźnie związana ze stadium wzrostu rośliny. System uprawy i związany z nim sposób nawożenia ma mniejszy wpływ na badane parametry aktywności biologicznej gleby pól pszenicy ozimej, większy wpływ różnicujący na liczebność drobnoustrojów miał okres wegetacji i faza fenologiczna rozwoju rośliny. Liczebność mikroorganizmów glebowych odpowiadała uzyskanym plonom upraw wówczas gdy przeliczana była na 1 cm³ roztworu glebowego.

Słowa kluczowe: sposób uprawy, mikroorganizmy, charakterystyka fizykochemiczna

WSTĘP

Nawozy mineralne w intensywnym rolnictwie są podstawą dla dostarczenia pierwiastków biogennych dla uprawianych roślin. Nawozy te są drugim pod względem ważności, (po genetycznym), czynnikiem plonotwórczym [14].

Nawozy organiczne używane jako podstawa nawożenia w rolnictwie tzw. ekologicznym przy stosowanych dawkach nie wiadomo czy pozwalają na utrzymanie dodatniego bilansu przyswajalnych form składników biogennych, czy stanowią jedynie zamknięty obieg składników pokarmowych w obrębie gospodarstwa, co może prowadzić z czasem do zubożenia gleb i spadku produktywności [3, 17].

Nawozy azotowe do pewnych granic powodują wyraźny wzrost plonów, lecz w przypadku większości upraw polowych jest to związane z pojawieniem się w glebie, (w pewnych okresach czasu), nadmiernych dawek formy amonowej i azotanów. Nadmiar azotanów w środowisku glebowym może doprowadzić do zachwiania równowagi jonowej wskutek ich zakwaszającego wpływu [7, 19, 21]. Duża część nawozów azotowych przedostaje się przez zmywanie do wód powierzchniowych powodując ich eutrofizację [2, 18] lub jest wmywana przez wody opadowe do głębszych warstw gleby, a z nich przedostaje się do wód podziemnych. Równocześnie podwyższony poziom azotanów i jonów amonowych w roztworze glebowym powoduje nadmierne pobieranie ich przez rośliny i odkładanie w biomacie jako białka, a częściej w związkach niebiałkowych.

Różne formy substancji używanych do nawożenia działają w glebie w sposób specyficzny, powodując zmiany w ukształtowaniu populacji mikroorganizmów, a w konsekwencji ich fizjologicznej aktywności. Podjęte badania miały na celu poznanie tych zmian i ich zakresu.

Według Myśkowa [20] mikroorganizmy odznaczając się dużą aktywnością metaboliczną, wywierają istotny wpływ na procesy biochemiczne dotyczące przemian azotowych połączeń mineralnych i organicznych. Mają one możliwość wiązania azotu atmosferycznego, proteolizy, amonifikacji, nityfikacji i redukcji azotanów z denityfikacją. Drobnoustroje uruchamiając niedostępne formy azotu glebowego, umożliwiają wzrost i rozwój roślinom wyższym.

Stopień rozwoju populacji drobnoustrojów w glebie jest wypadkową czynników agroekologicznych, właściwości fizycznych i chemicznych gleby, a zwłaszcza zasobności w materię organiczną, która jest źródłem energii i składników biogenych dla organizmów.

Celem naszych badań było zbadanie zależności między sposobem nawożenia pszenicy ozimej a liczebnością mikroorganizmów cyklu azotowego. Uwzględniono interpretację wyników badań w oparciu o charakterystykę fizykochemiczną i fizyczną gleby oraz plony roślin.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem do badań były próbki gleby pobrane z pól obiektów długoletnich doświadczeń statycznych prowadzonych przez IUNG w Puławach. Pola te były zlokalizowane w Stacji Doświadczalnej Osiny (woj. lubelskie). Glebę pól doświadczalnych oznaczono jako glebę płową wytworzoną z gliny zwałowej o

składzie mechanicznym piasku gliniastego mocnego, kompleks przydatności rolniczej – żytni bardzo dobry. Glebę nawożono nawozami organicznymi i nawozami mineralnymi [12]. Próby gleby pobierano spod uprawy pszenicy ozimej odmiany Kobra.

Badania mikrobiologiczne prowadzono przez dwa sezony wegetacyjne w latach 1996-98, w terminach czasowych odpowiadających: wiosennemu ruszeniu wegetacji pszenicy ozimej (termin 1 danego roku – w tabelach i wykresach); kłoszeniu i początkowi kwitnienia roślin pszenicy (termin 2 danego roku); po sprzęcie roślin z pola (termin 3 danego roku). Glebę z pól pobierano z warstwy ornej (0-20 cm).

W celu poznania liczebności wybranych zespołów mikroorganizmów i zmian zachodzących w tych zespołach, wykonywano wysiewy mikrobiologiczne według standardowych metod dla określenia: NPL (najbardziej prawdopodobnej liczby) w pożywkach płynnych:

1. drobnoustrojów amonifikujących pepton (pożywka Pp) w pożywce o składzie:

pepton (Difco) - 0,30 g; NaCl - 0,15 g, woda wodociągowa - 1000 cm³

2. drobnoustrojów redukujących azotany (pożywka Ra) w pożywce wg Pochon i Tradieux [23] nitryfikatorów w pożywce wg Pochon i Tradieux [23].

Wysiewy do 5 probówek dokonywano z czterech kolejnych dobranych rozcieńczeń dla amonifikatorów i drobnoustrojów redukujących azotany i do 3 kolbek z czterech kolejnych rozcieńczeń dla nitryfikatorów. Obecność amoniaku, azotynów, azotanów wykrywano wg Petryckiej [22] w odniesieniu do pożywek nie szczepionych rozcieńczeniami, po 2, 3, 5, 7 i 10 dniach inkubacji dla amonifika-torów i redukujących azotany, oraz po 10, 13 i 15 dniach inkubacji dla nitryfika-torów. Inkubacje prowadzono w temperaturze pokojowej. Dane umieszczone w tabelach odnoszą się odpowiednio do 10 lub 15 dnia inkubacji. Uzyskane wyniki przedstawiono jako NPL używając tablic McCradyego do przeliczeń.

W trakcie opracowywania niniejszych badań dokonano przeliczeń wyników mikrobiologicznych w odniesieniu do właściwości fizycznych badanych prób glebowych oraz w odniesieniu do plonu roślin uzyskanym w 1997 r.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki badań przedstawiono na Rys. 1 i 2 oraz w Tabelach 1 i 2. Liczebność drobnoustrojów amonifikujących i redukujących azotany w badanej glebie jest wyraźnie związana ze stadium wzrostu rośliny. Z chwilą ruszenia vegetacji pszenicy na wiosnę wzrasta ich ilość i osiąga maksymalną wartość w okresie intensywnego wzrostu roślin tzn. w okresie strzelania w źdźbło i kwitnienia roślin. Zwiększone występowanie drobnoustrojów amonifikujących na wiosnę w uprawie konwencjonalnej pszenicy związane jest z pogłównym nawożeniem azotem (w postaci mocznika) w tym systemie uprawy. Podobnie kształtowała się liczebność drobnoustrojów redukujących azotany, co w obu analizowanych przypadkach związane jest z nawożeniem, procesami cyklu azotu w glebie oraz intensywnością pobierania azotu mineralnego przez roślinę uprawianą na polu.

Wahania w występowaniu nityfikatorów w naszych badaniach (Rys. 2) były przeważnie przeciwstawne wahaniom w liczebności amonifikatorów i drobnoustrojów redukujących azotany. Przewaga liczebności nityfikatorów I fazy w glebie nawożonej organicznie może sugerować, że w procesie tym biorą udział drobnoustroje tzw. „heteronityfikacji”, a nie bakterie z grupy Nitroso tzn. właściwe bakterie nityfikacyjne.

Na podstawie naszych badań można ogólnie powiedzieć, że system uprawy i związany z nim sposób nawożenia ma mniejszy wpływ na badane parametry aktywności biologicznej gleby pól pszenicy ozimej. Większy wpływ różnicujący na liczebność drobnoustrojów miał okres vegetacji i związana z nim faza fenologiczna rozwoju rośliny uprawianej.

Ukształtowanie zmian w przebiegu sezonu vegetacyjnego poszczególnych badanych grup drobnoustrojów odzwierciedla prawdopodobnie wpływ rozwijających się roślin. Podobne zmiany związane z fazą wzrostu rośliny, obserwowała Kutuzova [13] na poletkach obsianych owsem. Z obserwacji tej autorki wynika, że po sprzęcie roślin z pola wzrasta liczebność amonifikatorów.

W prezentowanych przez nas badaniach, zakończenie vegetacji roślin w każdym roku powodowało gwałtowne obniżenie się liczby amonifikatorów, co jest przedstawione zarówno na Rys. 1 i w Tabeli 1. Jest to prawdopodobnie spowodowane tym, że grupa tych mikroorganizmów jako substrat węglowy wykorzystuje związki wydzielane przez żywe korzenie uprawianych roślin. To powiązanie z żywymi korzeniami tłumaczy wyraźny wzrost liczebności wraz z rozwojem uprawianej rośliny – pszenicy, tak w uprawie z nawożeniem

organicznym, kompostem obornikowym jak i z nawożeniem nawozami chemicznymi – NPK.

Tabela 1. Liczebność amonifikatorów NPL x 10⁶ w uprawie pszenicy

Table 1. Number of amonifying microorganisms MPN x 10⁶ under wheat cultivation

Jednostki przeliczeniowe	Termin pomiaru	Nawożenie		M/O
		mineralne	organiczne	
N g ⁻¹ świeżej gleby	1	35,00	10,00	3,50
	2	6,00	6,00	1,00
	3	1,30	1,30	1,00
N g ⁻¹ suchej gleby	1	37,58	11,32	3,32
	2	6,38	6,69	0,95
	3	1,43	1,52	0,94
N cm ⁻³ gleby	1	80,421	24,338	3,30
	2	14,419	14,383	1,00
	3	3,317	3,268	1,01
N cm ⁻³ roztworu glebowego	1	508,721	85,616	5,94
	2	100,840	57,637	1,75
	3	14,365	8,807	1,63
N g ⁻¹ C organiczny	1	5693,939	898,413	6,34
	2	862,162	704,210	1,22
	3	170,238	150,794	1,13
N g ⁻¹ C utlenialny	1	10970,981	2289,534	4,79
	2	1616,655	1634,277	0,99
	3	291,105	300,806	0,97
Plon, Mg ha ⁻¹		5,70	3,51	1,62

Objaśnienia: M/O – stosunek liczebności drobnoustrojów i plonu w glebie z nawożeniem mineralnym do liczebności drobnoustrojów i plonu w glebie z nawożeniem organicznym; 1 - wiosenne ruszenie vegetacji; 2 - strzelanie w źdźbło; 3 - po sprzęcie roślin; n – liczebność mikroorganizmów.

Abbreviations: M/O – ratio of the number of microorganisms and plant crops in the minerally and organically fertilized soil; 1 - seedling stage; 2 - stem elongation stage; 3 - after harvest; n – number of microorganisms.

Jak wykazano w równoległych badaniach [26], uprawa ekologiczna oparta na wprowadzeniu dużej ilości substancji organicznej do gleby wzbogaca ilościowo i jakościowo mikroflorę danej gleby w stosunku do uprawy konwencjonalnej, powodując jednocześnie wzbogacanie środowiska glebowego w biopierwiastki potrzebne do rozwoju uprawianej rośliny i roślin następných. Ponadto w uprawie ekologicznej z nawożeniem organicznym liczebność drobnoustrojów jest bardziej stała, gdyż drobnoustroje mogą czerpać przez cały okres wegetacji potrzebne im pierwiastki z rozkładanej substancji organicznej.

Tabela 2. Ilość drobnoustrojów redukujących azotany NPL x 10⁵ w uprawie pszenicy

Table 2. Number of nitrate reductors MPN x 10⁵ under wheat cultivation

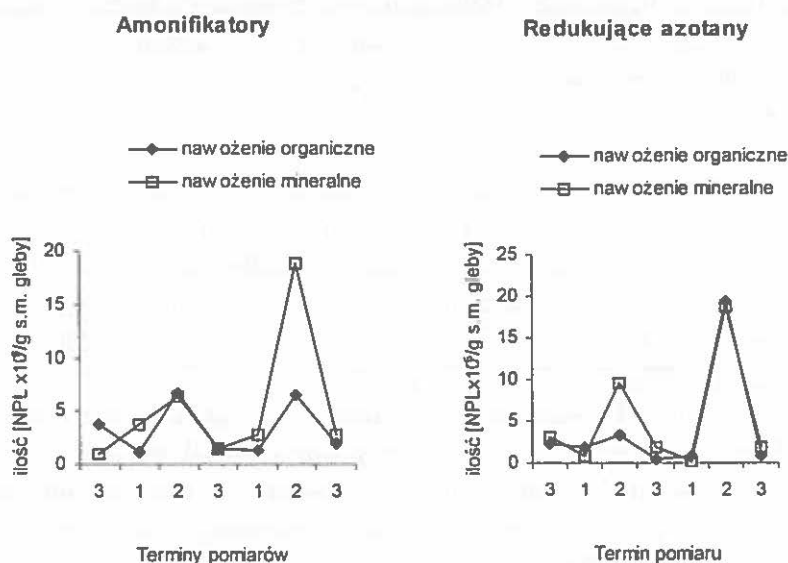
Jednostki przeliczeniowe	Termin pomiaru	Nawożenie		M/O
		mineralne	organiczne	
N g ⁻¹ świeżej gleby	1	0,700	1,700	0,40
	2	0,900	3,000	0,30
	3	1,700	0,350	4,86
N g ⁻¹ suchej gleby	1	0,752	1,925	0,30
	2	0,957	3,348	0,28
	3	1,869	0,411	4,55
N cm ⁻³ gleby	1	1,609	4,138	0,38
	2	2,163	7,198	0,30
	3	4,336	0,884	4,90
N cm ⁻³ roztworu glebowego	1	10,174	14,555	0,69
	2	15,126	28,818	0,52
	3	18,784	2,371	7,92
N g ⁻¹ C organiczny	1	113,939	152,777	0,74
	2	129,324	352,421	0,36
	3	222,500	40,774	5,45
N g ⁻¹ C utleniały	1	219,535	389,339	0,56
	2	242,497	817,872	0,29
	3	380,472	81,336	4,67
Plon, Mg ha ⁻¹		5,70	3,51	1,62

Objaśnienia: jak w Tabeli 2

Abbreviations: as in Table 2

Kucharski i in. [11] wykazali, że owies w czystym siewie obniżał ogólną liczebność drobnoustrojów z wyjątkiem liczebności amonifikatorów, natomiast jęczmień stymulował rozmnażanie się bakterii organotroficzných i oligotroficzných hamując jednocześnie rozwój bakterii makrobiotycznych, promieniowców, grzybów i amonifikatorów.

Wielu badaczy porównywało wpływ różnych czynników nawożeniowych na mikroorganizmy i ich aktywność fizjologiczną gleb pól uprawnych. Gostkowska i in. [8, 9] podają, że wpływ nawozów organicznych (obornik, gnojowica, granulaty keratyno-koro-mocznikowy, osady ścieków komunalnych) na aktywność mikrobiologiczną w zakresie mineralizacji azotu (na nasilenie proteolizy i amonifikacji) był zależny od typu gleby. Obornik stymulował natężenie nityfikacji. Balicka i in. [1] porównując oddziaływanie gnojowicy i nawożenia chemicznego (NPK) podają, że gnojowica stymulowała udział bakterii proteolitycznych w ogólnej populacji bakterii w znacznie większym stopniu niż NPK, ale oddziaływała na ogół przez krótki czas po jej wprowadzeniu do gleby.



Rys. 1. Liczebność wybranych grup drobnoustrojów.

Fig. 1. Number of selected group of microorganisms.

Jak wykazali Sokołowska i in. [24, 25] oraz Hajnos i in. [10] dodanie substancji organicznych w uprawie z nawożeniem organicznym powoduje zmiany warunków fizykochemicznych środowiska. Autorzy ci sugerują, że to dzięki dodanej substancji organicznej pH jest wyraźnie wyższe, co też wpływa dodatnio na rozwój drobnoustrojów glebowych. Zwiększenie ilości masy substancji organicznej powoduje wzrost ogólnej porowatości i to w znacznym stopniu, co pociąga za sobą zmniejszenie gęstości właściwej gleby. Obydwa te elementy ułatwiają drobnoustrojom penetrację środowiska, a przez to samo wykorzystanie bazy pokarmowej, dzięki czemu konkurencja między drobnoustrojami a roślinami jest mniejsza.

W naszej pracy wykonaliśmy oznaczenia liczebności wybranych grup drobnoustrojów na tle właściwości fizycznych i fizyko-chemicznych wyznaczonych w równoległych badaniach [10, 25]. Dało to możliwość szerszej interpretacji uzyskanych danych. Okazało się, że przeliczenia na inne jednostki fizyczne niż gram suchej masy zmienia bardzo często znaczenie wpływu jakości nawożenia na daną grupę drobnoustrojów. Dąbek-Szreniawska i in. [5, 6] przedstawili badania liczebności drobnoustrojów tworzących kolonie, stosując różne metody interpretacji wyników badań. W prowadzonych badaniach najlepszą dokładność uzyskiwano przedstawiając liczebność mikroorganizmów w odniesieniu do 1 cm^3 porowatości badanych gleb.

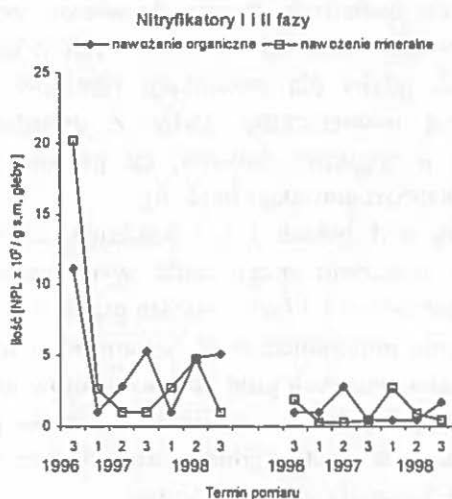
Fizyczne i fizykochemiczne właściwości gleby stwarzają nie tylko specyficzne warunki życia mikroorganizmów, lecz także rzutują na interpretację wyników uzyskiwanych w pomiarach liczebności [4-6, 15, 16].

W Tabelach 1 i 2 zamieszczono wartości liczebności wybranych grup drobnoustrojów po przeliczeniu liczebności tych drobnoustrojów w 1 g świeżej masy gleby na: 1 g suchej masy gleby, 1 cm^3 gleby, 1 cm^3 roztworu glebowego, 1 g C organicznego gleby, 1 g C utlenialego gleby.

Drobnoustroje amonifikujące na wiosnę (termin 1) w glebie nawożonej NPK były liczniejsze niż w glebie nawożonej kompostem obornikowo-roślinnym. W terminie 2 i 3 w glebie spod uprawy pszenicy liczebność tej grupy drobnoustrojów była podobna, niezależnie od zastosowanego nawożenia. Obraz taki jest widoczny na wszystkich Rysunkach.

Drobnoustroje mające zdolność redukcji azotanów, niezależnie od sposobu przeliczania ich liczebności na jednostkę fizyko-chemicznych właściwości gleby, z której je pozyskiwano, były liczniejsze w glebie nawożonej kompostem aniżeli w glebie nawożonej NPK. Ich przewaga ilościowa

w dwóch pierwszych terminach jest zróżnicowana w zależności od stosowanego przelicznika.



Rys. 2. Liczebność nityfikatorów I i II fazy.

Fig. 2. Number of nitrifiers.

Jak widać z przedstawionych – Rysunków i Tabel na rezultat pomiarów liczebności mikroorganizmów zasiedlających gleby wpływają: sposób nawożenia, pora roku (a więc stadium wegetacji rośliny uprawianej) i sposób przedstawiania wyników.

Badania mikrobiologiczne prowadzono w obiektach scharakteryzowanych: sposobem nawożenia, uprawianą rośliną, właściwościami agrofizycznymi gleb [6, 12, 24, 26]. Równocześnie postanowiono sprawdzić, jaki sposób prezentacji liczby mikroorganizmów glebowych odpowiada plonom pszenicy, otrzymanych przez IUNG w Puławach. Wyniki badań przedstawiono w Tabelach 1 i 2.

Porównanie wyników mikrobiologicznych (ilości drobnoustrojów po przeliczeniu na różne jednostki wielkości) i wielkości plonu pszenicy umieszczono w Tabeli 2. Pszenica ozima lepiej (w okresie badań) plonowała na obiektach nawożonych mineralnie niż na obiektach nawożonych organicznie.

Poddane pomiarom grupy mikroorganizmów: amonifikatory i redukujące azotany w zasadzie nastawione są na wykorzystywanie substancji organicznej w znacznie większym stopniu niż mineralnej i z reguły takie rezultaty pomiaru ich

liczebności uzyskiwano, jeśli dla interpretacji wyników wykorzystywano standardowe sposoby prezentacji liczebności w odniesieniu do jednostki świeżej lub suchej masy gleby. Szczególnie dotyczy to bakterii redukujących azotany.

W prezentowanych badaniach można zauważyć, że najlepszą zgodność liczebności (biomasy) mikroorganizmów glebowych z uzyskiwanymi plonami udało się otrzymać, gdyby dla prezentacji wyników użyć, jako jednostkę przeliczenia, zwilżoną powierzchnię gleby z uwzględnieniem zasobności roztworu glebowego w węglowy substrat, co potwierdza badania uzyskane poprzednio przez Dąbek-Szreniawską i in. [5, 6].

Dane umieszczone w Tabelach 1 i 2 wskazują, że omawiane powiązania pomiędzy plonem a sposobem przeliczania wyników występuje jedynie w przypadku amonifikatorów w 2 i 3 fazie wzrostu pszenicy.

Przewaga nawożenia mineralnego nad organicznym uzyskana tak w plonie roślin jak i w liczebności badanych grup drobnoustrojów po jej przeliczeniu na 1 cm³ roztworu glebowego pozwala sądzić, że jest to jednostka najbardziej adekwatna jako wskaźnik potencjalnej urodzajności gleby, wyznaczonej uzyskanym plonem uprawianej rośliny zbożowej.

Przy badaniu organizmów glebowych rzeczą niezbędną jest znajomość zarówno dokładnej struktury, jak i fizyko-chemicznych właściwości gleby. Określają one bowiem charakter środowiska, w którym żyją te organizmy. Brak wnikliwych charakterystyk glebowych uniemożliwia pełną interpretację wyników badań.

WNIOSKI

1. Ilość drobnoustrojów amonifikujących i redukujących azotany w badanej glebie jest wyraźnie związana ze stadium wzrostu rośliny. Wahania w występowaniu nitryfikatorów były przeważnie przeciwstawne wahaniom w występowaniu amonifikatorów i drobnoustrojów redukujących azotany.
2. Można ogólnie powiedzieć, że system uprawy i związany z nim sposób nawożenia ma mniejszy wpływ na badane parametry aktywności biologicznej gleby pól pszenicy ozimej, większy wpływ różnicujący na liczebność drobnoustrojów miał okres wegetacji i faza fenologiczna rozwoju rośliny.
3. Liczebność amonifikatorów w glebie odpowiadała uzyskanym plonom upraw wówczas gdy przeliczana była na 1 cm³ roztworu glebowego.
4. Wyższe plony osiągane w uprawie pszenicy przy nawożeniu mineralnym, nie będącym substratem dla mikroorganizmów, przy stwierdzonej wyższej ich

liczebności prawdopodobnie wynikają z interakcji pomiędzy nimi a roślinami uprawnymi. Wyższe plony wiążą się z intensywniejszym wydzielaniem korzeniowym, co stwarzało lepsze substratowe zaopatrzenie mikroorganizmów.

PIŚMIENNICTWO

1. **Balicka N., Kosinkiewicz B., Pietr S., Żukowska Z.:** Wpływ gnojowicy na drobnoustroje w glebie. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu 138, Roln. 39, 201-211, 1982.
2. **Bartoszewicz A.:** Zasolenie wód glebowo-gruntowych Wielkopolski oraz jego związek z warunkami glebowymi i intensyfikacją nawożenia. Roczn. AR Poznań, Rozpr. Nauk., 91, 1-53, 1979.
3. **Bieszczad S., Sobota J. (red.):** Zagrożenia, ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczo-rolniczego. Wyd. AR Wrocław, 1-278, 1993.
4. **Dąbek-Szreniawska M.:** Results of microbiological analysis related to soil physical properties. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 398, 1-6, 1992.
5. **Dąbek-Szreniawska M., Sokołowska Z., Stotzky G., Collins Y.:** The interaction between microbiological and physico-chemical properties-as an indicator of soil quality. Post. No.N-209/Poster Bd 291 (6/3/99), Abstracts of 99 th General Meeting of American Society for Microbiology, May 30-June 3, Chicago, Illinois, 1999.
6. **Dąbek-Szreniawska M., Stotzky G., Collins Y., Malicki J.:** Accuracy and reoccurrence in measuring the number of soil microorganisms. Soil Sci, 1999, (w druku).
7. **Dechnik I.:** Wpływ nawożenia na właściwości gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 324, 81-106, 1987.
8. **Gostkowska K., Woytowicz B., Szember A., Furczak J., Jezierska-Tys S., Jaśkiewicz W.:** Wpływ różnych ośrodków użyźniających na aktywność biologiczną gleby piaszczystej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 370, 75-84, 1989.
9. **Gostkowska K., Woytowicz B., Szember A., Jaśkiewicz W., Furczak J., Jezierska-Tys S.:** Wpływ różnych ośrodków użyźniających na aktywność biologiczną gleby gliniastej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 370, 65-74, 1989.
10. **Hajnos M., Sokołowska Z., Dąbek-Szreniawska M., Kus J.:** Influence of cultivation system (ecological and conventional) on porosity of podzolic soil. Polish J. Soil Sci., 31, 33-41, 1988.
11. **Kucharski J., Nowicki J., Wanic M.:** Wpływ różnego udziału roślin zbożowych w plodozmianie na liczebność drobnoustrojów w glebie. Acta Acad. Agricult. Techn. Olst., Agricult 63, 67-75, 1996.
12. **Kuś J.:** Wstępne porównanie trzech systemów produkcji roślinnej (konwencjonalny, integrowany i ekologiczny). Roczn. AR Poznań, CCCVII, 119-126, 1998.

13. Kutuzova R.S.: Charakter kratkovremennych izmenenij obščego količestva počvennych bakterij v tom čisle ammonifikatorov, v tečenije vegetacennogo perioda. Mikrobiologija, 48(5), 906-914, 1979.
14. Listowski A. (red): Agroekologiczne podstawy uprawy roślin. PWN, Warszawa, 1-319, 1983.
15. Malicki J.: Fizyczne właściwości gleb a ich mikrobiologiczna analiza. Post. Nauk Roln. (3), 45-70, 1980.
16. Malicki J., Bieganowski A., Dąbek-Szreniawska M.: Mathematical modeling of biological activity in differently compacted soils. Soil Tillage Res. 19, 357-362, 1991.
17. Malicki L.: Uwagi o rolnictwie ekologicznym. Post. Nauk Roln. 43, 3, 83-92, 1996.
18. Misztal M., Smal H.: Badania stężeń azotu i fosforu w płytkich wodach podziemnych zlewni jezior Piaseczno i Głębokie (Pojezierze Łęczyńsko-Włodawskie, SE Polska). Studia Ośr. Dok. Fizjogr. 19, 209-218, 1991.
19. Misztal M., Smal H., Wójcikowska-Kapusta A.: Litosfera i jej ochrona. Wyd. AR Lublin, 1-145, 1996.
20. Myśków W.: Udział drobnoustrojów w przemianach związków azotowych w glebie w zależności od niektórych czynników środowiska. [w] Mikrobiologiczne przemiany związków azotowych w glebie w różnych warunkach ekologicznych. W. Maliszewska (red.). Wyd. IUNG, Puławy, cz. I, 45-70, 1981.
21. Myśków W., Zięba S.: Zawartość i właściwości próchnicy w glebach w zależności od nawożenia mineralnego i organicznego. IUNG, Puławy ser. S 32, 1-64, 1982.
22. Petrycka H.: Ćwiczenia z mikrobiologii środowiskowej. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice. 1986.
23. Pochon J., Tradieux P.: Techniques d'analyse en microbiologie du sol. Edition de la Tourelle, St. Mondé, 1-111, 1962.
24. Sokółowska Z., Hajnos M., Bowanko G., Dąbek-Szreniawska M., Wyczółkowski A.: Zmiany niektórych fizyko-chemicznych właściwości gleby uprawianej konwencjonalnie i ekologicznie. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 460, 351-360, 1998.
25. Sokółowska Z., Hajnos M., Dąbek-Szreniawska M.: Relation between adsorption of water vapor, specific surface area and kind of the cultivation system. Polish J. of Soil Sci., 1999, (w druku).
26. Wyczółkowski A.I., Dąbek-Szreniawska M., Kucwaj T., Księżopolska A., Stawiński J., Jończyk K., Kuś J.: Zespoły wybranych mikroorganizmów gleby w zależności od sposobu jej uprawy. [w] Ekologiczne aspekty mikrobiologii gleby. A. Sawicka, G. Durska (red.), Akademia Rolnicza, Poznań, 357-363, 1998.

RELATIONS BETWEEN KIND OF FERTILIZATION AND NUMBER
OF MICROORGANISMS OF NITROGEN CYCLE UNDER WINTER WHEAT

A.I. Wyczółkowski¹, M.Dąbek-Szreniawska¹, M. Wyczółkowska¹, J. Kuś²

¹ Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences

Str. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27, Poland

² Institute of Soil Science and Plant Cultivation

Str. Królewska 1, 24-100 Puławy, Poland

SUMMARY

Time of vegetation and phenological phase of the plant have to the greater extent the influence on differentiation of the number of microorganisms than the cultivation system and fertilization. The number of microorganisms in the soil is clearly connected with the stage of plant growth. The number of soil microorganisms related to the crops when it was counted per 1/cm³ of soil solution. Both, the number of the microorganisms and the crops increased after mineral fertilization of the soil.

Keywords: kind of cultivation, microorganisms, physico-chemical characteristics

