

MIKROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOIL UNDER WINTER WHEAT CULTIVATED IN ECOLOGICAL AND CONVENTIONAL SYSTEMS

Summary

Based on a long-term field experiment located in Osiny Experimental Station of IUNG-PIB Pulawy, microbial characteristics of soil under winter wheat grown in the ecological and conventional systems were compared. The main groups of microorganisms involved in nitrogen and phosphorus transformation processes were analyzed in this work. The obtained results have shown that populations of almost all the tested groups of microorganisms, particularly those of: *Azotobacter* spp., symbiotic bacteria (rhizobia), ammonifying and nitrifying bacteria, and mycorrhizal fungi (VAM), were higher in the soil under winter wheat grown in the ecological management system contained than in the soil in the conventional system.

CHARAKTERYSTYKA MIKROBIOLOGICZNA GLEBY POD PSZENICĄ OZIMĄ UPRAWIANĄ W SYSTEMIE EKOLOGICZNYM I KONWENCJONALNYM

Streszczenie

W oparciu o wieloletnie doświadczenie polowe zlokalizowane w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach, woj. lubelskie, w którym stosowane są różne systemy uprawy roślin rolniczych, porównano właściwości mikrobiologiczne gleby pod pszenicą uprawianą w systemie ekologicznym i konwencjonalnym. Analizowano populacje najważniejszych grup mikroorganizmów biorących udział w przemianach azotu i fosforu w glebie. Przeprowadzone badania wykazały, że gleba pod pszenicą ozimą uprawianą w systemie ekologicznym charakteryzowała się na ogół znacznie większymi populacjami prawie wszystkich badanych grup mikroorganizmów glebowych, a zwłaszcza takich jak: asymilatorów N_2 z rodzaju *Azotobacter* i bakterii symbiotycznych, amonifikatorów, nityfikatorów oraz grzybów endomikoryzowych (VAM), niż gleba w systemie konwencjonalnym (intensywnym).

Wstęp

Mikroorganizmy glebowe (bakterie, grzyby i mikrofauna) oddziałują nie tylko na zdrowotność roślin uprawnych, ale również na dostępność dla nich składników pokarmowych, zwłaszcza tych, które uwalniane są w glebie w wyniku biologicznej degradacji i przemian zarówno świeżej (nawozy organiczne, resztki poźniwne), jak i trwałej (próchnica) glebowej materii organicznej [4, 7, 11]. Intensywność mikrobiologicznej transformacji organicznych połączeń azotu i fosforu jest szczególnie ważna w warunkach ograniczonego stosowania nawożenia mineralnego, np. w ekologicznym systemie uprawy roślin. Tak więc zasobność gleby w makro- i mikrośkładniki odżywcze, a więc i produktywność gleby w systemie ekologicznym utrzymywana jest głównie dzięki stałemu dopływowi do gleby materii organicznej w formie nawozów organicznych (obornik, gnojowica) oraz resztek roślinnych, w wyniku stosowania odpowiedniego zmianowania roślin z udziałem roślin motylkowatych lub ich mieszanek z trawami [2, 4, 5]. Obok transformacji mikrobiologicznej organicznych i nieorganicznych połączeń N, istotnym źródłem tego pierwiastka w glebie mogą być także mikroorganizmy asymilujące azot atmosferyczny, np. wolnożyjące w glebie bakterie z rodzaju *Azotobacter*, a zwłaszcza bakterie brodawkowe (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*) wiążące N_2 w symbiozie z korzeniami roślin motylkowatych. [7, 11].

W przemianach fosforu w glebie ważną rolę odgrywają zarówno bakterie jak i grzyby glebowe. Wśród tych ostatnich organizmów specyficzną grupę stanowią grzyby mikoryzowe. Tworzą one układy symbiotyczne z korzeniami ro-

ślin uprawnych ułatwiając im pobieranie nie tylko przyswajalnych form fosforu, ale również składników, np. mikroelementów, głównie poprzez zwiększenie powierzchni chłonnej korzeni oraz w wyniku wytwarzania odpowiednich enzymów (fosfatazy) [1, 3]. Grzyby mikoryzowe odgrywają także bardzo ważną rolę w tworzeniu gruzełkowatej struktury gleby [15].

Celem przeprowadzonych analiz mikrobiologicznych było stwierdzenie czy systemy uprawy roślin (konwencjonalny i ekologiczny) mają wpływ na populacje i aktywność mikroorganizmów biorących udział w przemianach azotu i fosforu w glebie.

Metodyka

Badania przeprowadzono na podstawie wieloletniego doświadczenia polowego zlokalizowanego w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach, woj. lubelskie, w którym porównywane są środowiskowo-ekonomiczne aspekty uprawy roślin w różnych systemach gospodarowania. Próbkę gleby do badań pobierano spod pszenicy ozimej (odmiana Kobra) uprawianej w następujących systemach: konwencjonalny (K), w którym stosowana jest intensywna uprawa pszenicy w zmianowaniu z jęczmieniem jarym i rzepakiem, konwencjonalny-monokultura (K-M), czyli intensywna uprawa pszenicy w monokulturze od 1994 r., oraz ekologiczny (E), w którym stosowany jest pięciopolowy płodozmian (ziemiak-jęczmień jary-mieszanka traw z motylkowatymi (2-lata)-pszenica ozima) bez nawożenia mineralnego oraz bez chemicznej ochrony roślin. Dokładny opis tego doświadczenia można znaleźć w pracach [2, 5]. W ro-

ku 2005 próbki gleby i korzeni do badań nad grzybami mikoryzowymi pobrano dwukrotnie, 29.04 i 18.07, natomiast próbki gleb do pozostałych analiz mikrobiologicznych i biochemicznych pobrano również dwukrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego, ale w innych terminach, tj. 23.06, w czasie wegetacji roślin pszenicy, oraz w jesieni, tj. 15.09.

Badania obejmowały następujące oznaczenia:

- liczebności wolnożyjących w glebie asymilatorów N_2 z rodzaju *Azotobacter* metodą płytkową na bezazotowej pożywce agarowej [9],
- populacji (NPL - Najbardziej Prawdopodobnej Liczebności) bakterii symbiotycznych roślin motylkowatych metodą biotestów (w II terminie) [6, 15],
- populacji (NPL) amonifikatorów i nityfikatorów metodą rozcieńczeń w pożywkach płynnych [13],
- liczebności bakterii rozpuszczających fosforany metodą płytkową na pożywce agarowej zawierającej fosforan trójwapniowy [13],
- aktywności fosfataz (alkalicznej i kwaśnej) z wykorzystaniem fosforanu p-nitrofenolu jako substratu [14],
- liczebności w glebie spor grzybów mikoryzy arbuskularnej (VAM), metodą Allena i in. [1, 3],
- intensywności kolonizacji przez grzyby VAM korzeni pszenicy metodą Philipsa i Haymana [12].

W akredytowanym laboratorium GLACH-IUNG oznaczono również odczyn (pH w H_2O) i wilgotność badanych gleb oraz zawartość próchnicy w glebie.

Omówienie wyników i dyskusja

Rozwój i aktywność drobnoustrojów w glebie uzależnione są od wielu chemicznych i fizycznych właściwości gleby (np. odczyn, skład granulometryczny, zawartość próchnicy) oraz od czynników klimatycznych m.in. takich jak pora roku, temperatura, czy opady. W przypadku gleb rolniczych oddziaływania ww. czynników modyfikowane są dodatkowo przez liczne zabiegi agrotechniczne związane z uprawą roślin, a zwłaszcza nawożenie, orka, czy stosowanie chemicznych środków ochrony roślin uprawnych, oraz płodozmian [7, 11]. Właśnie płodozmian jest prawdopo-

dobnie jednym z najważniejszych czynników wpływających na występowanie w analizowanych glebach bakterii symbiotycznych (rizobia) roślin motylkowatych (tab. 1). Najwięcej gatunków i najliczniejsze populacje tych bakterii występowały w glebie systemu ekologicznego, w którym koniczyna i lucerna uprawiane są w mieszance z trawami, natomiast groch wchodzi w skład mieszanki poplonowej [5]. W pozostałych systemach wymienione rośliny nie są uprawiane i w związku z tym glebowe populacje ich symbiontów bakteryjnych są znacznie niższe, a symbiontów lucerny nie wykryto w ogóle (tab. 1). Bakterii symbiotycznych łubinu nie stwierdzono natomiast w żadnej z analizowanych gleb, prawdopodobnie właśnie dlatego, że roślina ta nie wchodzi w skład płodozmianów stosowanych w omawianym doświadczeniu polowym (tab. 1).

W przeprowadzonych badaniach oprócz właściwości mikrobiologicznych analizowano również zasobność gleby w próchnicę, zawartość wody w próbkach glebowych i odczyn (pH) gleby. Wyniki oznaczeń tych parametrów dla badanych gleb świadczą, że gleba w systemie ekologicznym w czasie wegetacji roślin, tj. w czerwcu, charakteryzowała się wyraźnie wyższą wilgotnością niż gleba w dwu pozostałych systemach (tab. 2). Różnice w czerwcowej wilgotności gleby związane były przede wszystkim ze wzrostem pojemności wodnej gleby w systemie ekologicznym w wyniku stosowania zmianowania roślin (płodozmianu) sprzyjającego nagromadzeniu się glebowej substancji organicznej. Trzeba jednak dodać, że większa wilgotność gleby w systemie ekologicznym w czasie wegetacji roślin, sprzyjająca silniejszemu rozwojowi mikroorganizmów glebowych, mogła być także związana, przynajmniej częściowo, ze słabszym rozwojem roślin pszenicy, a więc i mniejszym wykorzystaniem wody glebowej w tym systemie, w porównaniu do systemu konwencjonalnego. W drugim terminie pobierania próbek (15.09) wilgotność gleby w systemie ekologicznym była niższa niż w pozostałych systemach, prawdopodobnie dlatego, że po sprzęcie pszenicy na polu ekologicznym uprawiany był poplon, który zmniejszył wilgotność gleby, m.in. na skutek transpiracji roślin.

Tab. 1. Liczebności (w 1 g s.m. gleby) asymilatorów N_2 z rodzaju *Azotobacter*, oraz bakterii symbiotycznych roślin motylkowatych w glebie pod pszenicą ozimą uprawianą w różnych systemach gospodarowania

Table 1. Numbers (in 1g soil d.m.) of N_2 fixing *Azotobacter* and symbiotic bacteria of leguminous plants in soil under winter wheat grown in various management systems

System / termin	<i>Azotobacter</i>	Bakterie symbiotyczne:			
		koniczyny	lucerny	grochu	łubinu
Ekologiczny: I termin	98				
II termin	143	$1,7 \times 10^4$	$1,1 \times 10^2$	$1,7 \times 10^3$	0
Konwencjonalny: I termin	0				
II termin	0	$5,8 \times 10^2$	0	$1,7 \times 10^2$	0
Konwencjonalny: I termin (monokultura)	0				
II termin	0	$1,7 \times 10^2$	0	58	0

Tab. 2. Wilgotność i odczyn (pH w H_2O) gleby w zależności od systemu uprawy roślin

Table 2. Moisture content and reaction (pH in H_2O) of soil as influenced by plant management systems

System / termin	Wilgotność (%)	pH
Ekologiczny: I termin	6,1	6,6
II termin	5,6	6,7
Konwencjonalny: I termin	4,1	5,5
II termin	6,2	5,6
Konwencjonalny: I termin (monokultura)	4,2	5,4
II termin	7,0	5,7

Tab. 3. Liczebności (w 1 g s.m. gleby) amonifikatorów, nityfikatorów i bakterii rozpuszczających fosforany oraz aktywność fosfatyz w glebie pod pszenicą ozimą uprawianą w różnych systemach gospodarowania
 Table 3. Numbers (in 1g soil d.m.) of ammonifying, nitrifying and phosphate-solubilizing bacteria and activity of phosphatases in soil under winter wheat grown in various management systems

System / termin	Amonifikatory	Nityfikatory	Rozpuszczające fosforany	Fosfatazy $\mu\text{g pNP/g}$ gleby
Ekologiczny: I termin	$2,7 \times 10^8$	$1,6 \times 10^4$	$2,3 \times 10^6$	128
II termin	$2,6 \times 10^8$	$4,8 \times 10^3$	$1,9 \times 10^5$	121
Konwencjonalny: I termin	$7,8 \times 10^6$	$2,6 \times 10^3$	$4,8 \times 10^5$	83
II termin	$4,8 \times 10^4$	$4,7 \times 10^3$	$6,1 \times 10^5$	103
Konwencjonalny: I termin	$9,9 \times 10^7$	$1,7 \times 10^2$	$2,6 \times 10^6$	96
(monokultura) II termin	$2,7 \times 10^7$	$2,7 \times 10^3$	$2,4 \times 10^5$	88

Kolejnym czynnikiem sprzyjającym lepszemu rozwojowi i aktywności drobnoustrojów glebowych w systemie ekologicznym jest wyższy odczyn gleby w tym systemie (tab. 2) niż w dwu pozostałych systemach. Gleba w systemie ekologicznym charakteryzuje się korzystniejszym odczynem, głównie z powodu lepszego bilansu materii organicznej, m.in. w efekcie dwuletniej uprawy mieszanki traw z motylkowatymi, oraz niestosowania nawozów mineralnych w tym systemie. Te właśnie czynniki spowodowały, że bakterie z rodzaju *Azotobacter* stwierdzano tylko w glebie systemu ekologicznego (tab. 1). Wymienione bakterie są bowiem bardzo wrażliwe na zakwaszenie środowiska glebowego [8, 9]. Bakterie *Azotobacter* spp gromadzą związany azot najpierw w swojej biomacie, a następnie uwalniany jest on do gleby w wyniku rozkładu (mineralizacji) komórek tych bakterii przy udziale innych drobnoustrojów glebowych. Ilości azotu związanego przez wolnożyjące w glebie bakterie z rodzaju *Azotobacter* są na ogół niewielkie, natomiast ilości N związanego i zgromadzonego w biomacie roślin motylkowatych przez bakterie symbiotyczne tych roślin są znacznie większe i mogą wynosić ponad 300 kg N/ha w ciągu roku [8]. Znaczna część organicznych połączeń azotu zawartego w resztkach uprawianych roślin motylkowatych pozostaje w glebie, gdzie związki te podlegają dalszym przemianom.

Wśród drobnoustrojów biorących udział w przemianach azotu w glebie oszacowano liczebności populacji bakterii przeprowadzających dwa bardzo ważne procesy związane z mineralizacją azotu organicznego, tj. proces amonifikacji (amonifikatory), czyli uwalniania azotu amonowego z organicznych połączeń azotowych, oraz proces nityfikacji (nityfikatory), tj. utleniania $\text{NH}_4\text{-N}$ do azotynów i azotanów.

Największe populacje amonifikatorów stwierdzono w glebie systemu ekologicznego zarówno w czerwcu, jak i we wrześniu, a najmniejsze w glebie systemu konwencjonalnego (tab. 3). Występowanie liczniejszej populacji amonifikatorów w glebie systemu ekologicznego związane było prawdopodobnie głównie z większą ilością materii organicznej w wyniku stosowania w tym systemie bogatego zmianowania roślin, a także nawożenia organicznego (kompost i poplon). Liczebności nityfikatorów były również na ogół największe w glebie ekologicznej, a zwłaszcza w czerwcu, czyli w trakcie sezonu wegetacyjnego (tab. 3). Nie wykazano natomiast wyraźnych różnic w zasiedleniu gleby porównywanych systemów przez mikroorganizmy rozpuszczające fosforany.

W glebie pod pszenicą uprawianą w systemie ekologicznym stwierdzono również istotnie więcej spor grzybów

endomikoryzowych niż w dwu pozostałych systemach (rys. 1A). Większa liczebność spor świadczy o większej populacji omawianych grzybów w glebie ekologicznej, co miało także swój wyraz w najintensywniejszym zasiedleniu korzeni pszenicy przez grzyby mikoryzowe w systemie ekologicznym (rys. 1B). Natomiast bardzo mały procent mikoryzacji korzeni pszenicy w monokulturze świadczy, że ten sposób uprawy nie sprzyja rozwojowi w glebie pożytecznej grupy mikoflory jaką są grzyby endomikoryzowe.

Obecność grzybów endomikoryzowych w glebie jest ważna także z tego względu, że wytwarzają one substancje zwane glomalinami. Ich ważność dla środowiska glebowego wynika z faktu, że są one odporne na rozkład mikrobiologiczny i m.in. z tego względu stanowią trwałe lepiszcze cząstek glebowych, a więc odgrywają one istotną rolę w tworzeniu się gruzełkowej struktury gleby [3, 16].

Enzymy biorące udział w przemianach fosforu (fosfatazy) w glebie wytwarzane są nie tylko przez wiele różnych grup drobnoustrojów glebowych, a także przez korzenie roślin [7, 14]. Najwyższa aktywność tych enzymów w glebie systemu ekologicznego (tab. 3) świadczy o intensywnym przebiegu w niej procesów rozkładu materii organicznej (nawozów organicznych i resztek roślinnych), a więc i udostępniania roślinom przyswajalnych form składników odżywczych.

Podsumowanie i wnioski

Duża aktywność mikroorganizmów glebowych świadczy o dobrej jakości gleby i prawidłowym funkcjonowaniu w niej procesów przeprowadzanych przez organizmy glebowe, w wyniku których uruchamiane są składniki pokarmowe dla roślin uprawnych. Jest to szczególnie ważne w przypadku gleb nienawożonych nawozami mineralnymi, np. w rolnictwie ekologicznym, ponieważ w tych warunkach od aktywności drobnoustrojów glebowych zależy w dużym stopniu rozkład substancji organicznych, a więc uwalnianie składników mineralnych przyswajalnych dla roślin.

Przeprowadzone analizy wykazały, że:

- gleba pod pszenicą ozimą uprawianą w systemie ekologicznym charakteryzowała się na ogół największymi populacjami wszystkich badanych grup mikroorganizmów glebowych biorących udział w przemianach azotu i fosforu, a zwłaszcza takich jak: asymilatory N_2 z rodzaju *Azotobacter* i bakterie symbiotyczne, amonifikatory, nityfikatory, oraz grzyby endomikoryzowe (VAM),
- wyższa aktywność mikrobiologiczna i biochemiczna gleby w systemie ekologicznym związana jest prawdo-

podobnie z większym dopływem materii organicznej oraz korzystniejszym dla rozwoju mikroorganizmów odczynem (pH) środowiska glebowego w tym systemie.

Literatura

- [1] Allen M.F., Moore T.S., Christensen M., Stanton N.: Growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal and non-mycorrhizal *Bouteloua gracilis* in a defined medium. *Mycologia*, 71:666-669, 1979.
- [2] Jończyk K., Kawalec A.: Wstępna ocena przydatności wybranych odmian pszenicy ozimej do uprawy w różnych systemach produkcji roślinnej. *Biul. IHAR*, 220:35-43, 2001.
- [3] Księżniak A., Kobus J.: Występowanie grzybów VAM i kolonizacja korzeni roślin uprawianych na różnych glebach Polski. *Roczniki AR Poznań, Konf.*:165-170, 1998.
- [4] Kuś J.: Systemy gospodarowania w rolnictwie - rolnictwo ekologiczne. ss. 3-63, Wyd. IUNG 45/95, 1996.
- [5] Kuś J.: Wstępne porównanie trzech systemów gospodarowania (konwencjonalny, integrowany i ekologiczny). *Rocz. AR Poznań, Rolnictwo*, 52:119-126, 1998.
- [6] Martyniuk S., Woźniakowska A., Martyniuk M., Oroń J. A new sand pouch-plant infection technique for enumeration of rhizobia in soil. *Acta Soc. Botanic. Poloniae* 69:1-5, 2000.
- [7] Martyniuk S., Gajda A., Kuś J.: Microbiological and biochemical properties of soils under cereals grown in the ecological, conventional and integrated system. *Acta Agrophysica*, 52:185-192, 2001.
- [8] Martyniuk S.: Systemy biologicznego wiązania azotu. *Nawozy i Nawożenie*, Nr 1(10): 264-277, 2002.
- [9] Martyniuk S., Martyniuk M.: Occurrence of *Azotobacter* spp. in some Polish soils. *Polish J. Environm. Stud.*, 12(3): 371-374, 2003.
- [10] Martyniuk S., Oroń J., Martyniuk M.: Diversity and numbers of root-nodule bacteria (rhizobia) in Polish soils. *Acta Soc. Botanic. Poloniae* 74: 83-86, 2005.
- [11] Mysków W., Jaszczewska B., Stachyra A., Naglik E.: Substancje organiczne gleby - ich rolnicze i ekologiczne znaczenie. *Rocz. Glebozn.*, 37:15-35, 1986.
- [12] Philips J.M., Hayman D.S.: Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 55:158-161, 1970.
- [13] Pochon J., Tardieux P.: *Techniques d'analyse microbiologie du sol*. Editions de la Tourelle, Saint-Mande 1972.
- [14] Tabatabai M.A., Bremner J.M.: Use of p-nitrophenyl phosphate to assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology and Biochemistry* 1: 301-307, 1969.
- [15] Vincent J. M. *A manual for practical study of root-nodule bacteria.*, Blackwell Scientific Publications, Oxford 1970.
- [16] Wright S.F., Upadhyaya A.: A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, 198: 97-107, 1998.