

WPLYW INTENSYWNEJ UPRAWY WARZYW NA AKTYWNOŚĆ MIKROORGANIZMÓW GLEBOWYCH

THE EFFECT OF INTENSIVE TILLAGE OF VEGETABLES ON SOIL MICROBIAL ACTIVITY

**Urszula Smolińska, Magdalena Szczech, Beata Kowalska,
Michał Oskiera, Waldemar Kowalczyk**

Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice
urszula.smolinska@inhort.pl

Abstract

The objective of the study was to compare the impact of intensive tillage and no-tillage systems on the main groups of soil microorganisms (total bacteria, *Actinomyces*, spore forming bacteria, *Pseudomonas* spp., fungi), free-living diazotrophic *Azotobacter* spp., numbers of oligotrophs and copiotrophs, activity of dehydrogenases and some chemical properties. Studies were carried out in 10 horticultural farms located in the central Poland.

Key words: soil microorganisms, tillage systems, dehydrogenase activity

WSTĘP

Gleba ma podstawowe znaczenie w produkcji żywności. Skomplikowane wzajemne zależności między żyjącymi w niej organizmami, właściwościami chemicznymi i fizycznymi tworzą stan dynamicznej równowagi, która ma istotne znaczenie dla zachowania jej żyzności. Gleba agrosystemów, wskutek ubóstwa gatunkowego roślin, jest szczególnie podatna na zachwiania homeostazy. Istotne znaczenie w glebie odgrywają mikroorganizmy znajdujące się w warstwie ornej w ogromnych ilościach. W jednym gramie gleby znajduje się nawet do kilku miliardów komórek bakterii, tysiące form propagacyjnych grzybów (strzępki, spory, sklerocja, chlamydozory i inne). Do najważniejszych funkcji drobnoustrojów glebowych należy rozkład i mineralizacja materii organicznej oraz kształtowanie „gruzełkowatej” struktury gleby, tworzącej odpowiednie dla wzrostu roślin warunki wodno-powietrzne (Lynch i Bragg 1985). Mikroorganizmy obecne w glebie wpływają na zdrowotność roślin m.in. poprzez ograniczanie rozwoju szkodników i patogenów (Mazzola 2004). Procesy te przebiegają przy udziale wielu różnorodnych mechanizmów, np. antybiozy, konkurencji o pokarm, indukcji odporności systemicznej, aktywności litycznej, stymulacji lub zahamowania wzrostu roślin (De-Bashan i in. 2012).

Nagromadzenie tzw. szkodliwych mikroorganizmów oraz patogenów w połączeniu z niekorzystnymi zmianami fizyko-chemicznymi gleby wywołuje zjawisko zmęczenia gleb. Jeżeli gleba jest długo poddawana stresowi – ulega degradacji, której wskaźnikami mogą być m.in.: słabszy wzrost roślin uprawnych, zmniejszenie ilości próchnicy, pogarszanie się struktury gleby i jej warunków powietrzno-wodnych, ograniczanie różnorodności gatunków organizmów glebowych, nagromadzanie się tzw. niekorzystnych mikroorganizmów, zaskorupianie gleby, obniżanie wartości pH, nagromadzanie związków allelopatycznych (w uprawach z dużą ilością resztek) i inne (Bonanomi i in. 2006; Swędrzyńska i in. 2013; Jankowska i Swędrzyńska 2016). Do zjawisk niekorzystnie wpływających na stan gleby oraz na mikroorganizmy glebowe należy m.in. długoletnia, intensywna uprawa w monokulturze. Inne istotne czynniki to: niewłaściwe stosowanie nawozów mineralnych i środków ochrony roślin, niewłaściwe zmianowanie, brak nawożenia organicznego, takiego jak obornik, komposty czy nawozy zielone (Hu i in. 1999). Na kształtowanie się populacji mikroorganizmów w glebie obok wymienionych powyżej czynników istotny wpływ mają: rodzaj gleby (pH, zawartość substancji organicznej, struktura), wilgotność, temperatura, stosowane pestycydy i inne.

Powszechnie uważa się, że intensywna uprawa roślin ogrodniczych „szkodzi” glebie, ponieważ stosowanie syntetycznych nawozów czy środków ochrony roślin wpływa niekorzystnie na biologiczną aktywność gleb. Nie wszystkie wyniki badań prowadzonych przez naukowców (Martyniuk 2014) potwierdzają tę opinię. Ze względu na pracochłonność takich badań i trudności w interpretacji uzyskanych wyników, wynikające ze zróżnicowanych warunków panujących w środowisku glebowym, prace takie prowadzone są dość rzadko.

Celem prezentowanych badań była ocena stanu gleb w rejonach intensywnej produkcji warzyw na podstawie wskaźników mikrobiologicznych oraz aktywności enzymu dehydrogenazy.

MATERIAŁY I METODY

W 2016 roku wykonano badania prób gleby pobranych w 10 gospodarstwach ogrodniczych, w których prowadzona jest intensywna uprawa warzyw (papryki, cebuli, warzyw kapustnych, a także marchwi i ogórka). Selekcję gospodarstw przeprowadzono na podstawie badań z 2015 roku. Wybrano gospodarstwa, w których zaobserwowano największe różnice w składzie mikroorganizmów między glebą ugorowaną a glebą intensywnie użytkowaną, leżącą w jak najbliższym sąsiedztwie. Próby pobierano z gospodarstw zlokalizowanych w centralnej Polsce, gdzie dominującym typem gleby są gleby bielcowe. Próby pobierano w sposób następujący: na polu wyznaczano 3 lub 4 kwadraty o boku ok. 5 m. Z każdego kwadratu pobierano próbnikiem co najmniej 10 prób gleby z głębokości 0–20 cm, z których

przygotowano próby mieszane. Z każdej lokalizacji przygotowano po 3 lub 4 próby gleby ugorowanej oraz gleby intensywnie użytkowanej. Sumarycznie z jednego gospodarstwa pobierano 6 lub 8 prób mieszanych.

Metodą wysiewu rozcieńczeń określano w próbach glebowych:

1. ogólną liczbę bakterii i promieniowców na pożywce agarowej z ekstraktem glebowym (Dhingra i Sinclair 1995);
2. liczbę bakterii z rodzaju *Pseudomonas* na pożywce Goulda (Gould i in. 1985);
3. liczbę bakterii fluoryzujących z rodzaju *Pseudomonas* na pożywce Goulda w świetle UV (Gould i in. 1985);
4. liczbę bakterii tworzących przetrwalniki (*Bacillus* spp.) na pożywce sojowej (1/10 TSA), po uprzednim podgrzaniu zawiesiny gleby przez 10 min. w 80 °C;
5. liczbę grzybów strzępkowych i drożdży na pożywce z różem bengalskim (Martin 1950);
6. liczbę kopiotrofów i oligotrofów według metody Hattori i Hattori (1980).

Liczbę mikroorganizmów wyrażano w jednostkach tworzących kolonie (jtk) w przeliczeniu na gram suchej masy gleby.

W badaniach zastosowano także inne metody wskaźnikowe, za pomocą których określano stan biologicznej aktywności gleby.

- a) Określenie liczby wolno żyjących asymilatorów azotu z rodzaju *Azotobacter*. Liczbę bakterii oceniano na pożywce bezazotowej (Fenglerowa 1965). Przesuszoną glebę przesiano przez sito o średnicy otworów 2 mm. Następnie za pomocą igły preparacyjnej na powierzchnię pożywki wkładano na 1 szalkę Petriego po 20 mikropróbek gleby (o wadze ok. 0,5 mg). Badania przeprowadzono w 6 powtórzeniach laboratoryjnych. Szalki inkubowano w temperaturze 28 °C przez 8–10 dni. Liczebność bakterii *Azotobacter* określono na podstawie liczby mikropróbek, wokół których powstały śluzowate kolonie bakterii.
- b) Określenie aktywności enzymu dehydrogenazy – wskaźnika intensywności metabolizmu oddechowego mikroorganizmów glebowych. Próby gleby inkubowano 24 godziny z bezbarwnym związkiem TTC (2,3,5-trifenyloctetrazoliowy chlorek), który jest redukowany enzymatycznie do barwnego, nierozpuszczalnego w wodzie TPF (1,3,5 trifenyloformazanu). Po 24 godzinach inkubacji powstały TPF ekstrahowano z gleby alkoholem etylowym, a jego ilość mierzono spektrofotometrycznie przy długości fali 485 nm. Uzyskane wartości odnoszono do krzywej wzorcowej (o znanym stężeniu TPF). Ostatecznie średnią aktywność dehydrogenazy wyrażano w jednostkach aktywności dehydrogenaz ($\mu\text{mol TPF}\cdot\text{g}^{-1}\text{ s.m.}\cdot 24\text{ h}^{-1}$) (Brzezińska i Włodarczyk 2005; Mocek-Płóćciniak 2010).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji dla doświadczeń jednoczynnikowych. Do oceny różnic między średnimi użyto testu Newmana-Keulsa ($p = 0,05$).

WYNIKI I Dyskusja

Wyniki uzyskane z przeprowadzonych badań nie wykazały jednoznacznego wpływu systemu użytkowania gleby na liczebność większości badanych grup mikroorganizmów. Szczegółowe analizy gleb pobranych z 10 gospodarstw ogrodniczych wykazały, że ogólna liczebność bakterii była istotnie wyższa w glebach ugorowanych jedynie w 3 przypadkach (tab. 1).

Tabela 1. Ogólna liczebność bakterii i promieniowców w glebie intensywnie użytkowanej i ugorowanej

Table 1. Total number of bacteria and *Actinomycetes* in the soil from intensive and no-tillage systems

Numer gospodarstwa/sposób użytkowania gleby Farm number/type of soil cultivation	Ogólna liczebność bakterii Total number of bacteria	Ogólna liczebność promieniowców Total number of <i>Actinomycetes</i>
	jtk·g ⁻¹ s.m. gleby; cfu·g ⁻¹ d.m. of soil	
1 – ugorowana no tillage soil	26,2 × 10⁶ a	7,0 × 10 ⁶ a
1 – intensywnie użytkowana intensively cultivated soil	8,2 × 10⁶ b	2,0 × 10 ⁶ a
2 – ugorowana	32,9 × 10 ⁶ a	6,6 × 10 ⁶ a
2 – intensywnie użytkowana	21,8 × 10 ⁶ a	6,4 × 10 ⁶ a
3 – ugorowana	28,3 × 10⁶ a	10,4 × 10⁶ a
3 – intensywnie użytkowana	5,3 × 10⁶ b	1,5 × 10⁶ b
4 – ugorowana	34,7 × 10⁶ a	6,8 × 10⁶ a
4 – intensywnie użytkowana	5,6 × 10⁶ b	1,5 × 10⁶ b
5 – ugorowana	34,9 × 10 ⁶ a	12,5 × 10 ⁶ a
5 – intensywnie użytkowana	46,1 × 10 ⁶ a	6,0 × 10 ⁶ a
6 – ugorowana	3,0 × 10 ⁶ b	2,9 × 10 ⁶ a
6 – intensywnie użytkowana	5,4 × 10 ⁶ a	2,1 × 10 ⁶ a
7 – ugorowana	8,2 × 10 ⁶ a	2,5 × 10 ⁶ a
7 – intensywnie użytkowana	9,6 × 10 ⁶ a	2,3 × 10 ⁶ a
8 – ugorowana	5,3 × 10 ⁶ a	1,9 × 10 ⁶ a
8 – intensywnie użytkowana	7,4 × 10 ⁶ a	2,4 × 10 ⁶ a
9 – ugorowana	48,2 × 10 ⁶ a	14,5 × 10 ⁶ a
9 – intensywnie użytkowana	39,8 × 10 ⁶ a	9,5 × 10 ⁶ a
10 – ugorowana	87,0 × 10 ⁶ a	13,1 × 10 ⁶ a
10 – intensywnie użytkowana	58,0 × 10 ⁶ a	16,0 × 10 ⁶ a

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie (dla każdego gospodarstwa oddzielnie) nie różnią się istotnie według testu Newmana-Keulsa ($p = 0,05$)

Means followed by the same letter within columns (for each farm individually) are not significantly different according to Newman-Keuls test ($p = 0.05$)

W jednym przypadku bakterii było więcej w glebie intensywnie użytkowanej (lokalizacja 6), natomiast w pozostałych 6 lokalizacjach nie było istotnych różnic między glebami. Większą liczbę promieniowców obserwowano najczęściej w glebie ugorowanej, chociaż statystyczną różnicę wykazano jedynie w gospodarstwach 3 i 4.

Inną grupą bakterii, która była analizowana w glebach z miejsc ugorowanych i intensywnie użytkowanych były bakterie z rodzaju *Pseudomonas*. Są to drobnoustroje, które efektywnie zasiedlając strefę korzeniową silnie konkurują o składniki odżywcze z mikroorganizmami patogennymi dla roślin (m.in. o żelazo wytwarzając siderofory). Produkują dużą liczbę związków biologicznie czynnych (np. antybiotyki, HCN, enzymy lityczne) oraz dużą ilość polimerów przyczyniając się do agregacji cząsteczek gleby (McSpadden Gardener 2007; Berry i in. 2014). Bakterie te mogą stymulować wzrost roślin wytwarzając regulatory wzrostu, np. etylen, auksyny, gibbereliny (Saharan i Nehra 2011).

Liczebność bakterii *Pseudomonas* była istotnie wyższa w glebach ugorowanych w dwóch gospodarstwach (1 i 4) oraz w dwóch innych (2 i 7) w glebach intensywnie użytkowanych (tab. 2). Liczebność *Pseudomonas* fluoryzujących była także zmienna w zależności od systemu użytkowania gleb (tab. 2). Istotnie więcej tych bakterii w glebie ugorowanej niż w glebie intensywnie użytkowanej zaobserwowano tylko w jednym przypadku – gospodarstwo 3; w gospodarstwach 7 i 8 istotnie więcej było w glebie intensywnie użytkowanej.

Liczebność bakterii tworzących przetrwalniki w większości lokalizacji nie różniła się istotnie między glebą ugorowaną a intensywnie użytkowaną (tab. 3). Jedynie w dwóch gospodarstwach (4 i 6) więcej bakterii tego typu znajdowało się w glebie ugorowanej. W pozostałych 8 lokalizacjach nie było istotnych różnic.

Grzyby jako grupa stanowią główną część biomasy gleby. Odgrywają zasadniczą rolę w rozkładzie materii organicznej i obiegu pierwiastków w przyrodzie (Paul i Clark 2000). W badanych próbach glebowych nie stwierdzono wyraźnych różnic w liczebności grzybów w zależności od systemu uprawy (tab. 3). Jedynie w dwóch przypadkach (gospodarstwo 4 i 8) istotnie więcej grzybów było w glebie intensywnie użytkowanej niż ugorowanej, natomiast w gospodarstwie nr 6 obserwowano sytuację odwrotną. Zaobserwowano, że w glebach intensywnie użytkowanych znajdowało się więcej drożdży (tab. 3) – aż w 5 lokalizacjach było ich istotnie więcej niż w glebie ugorowanej.

Tabela 2. Liczebność bakterii *Pseudomonas* w glebie ugorowanej i intensywnie użytkowanejTable 2. The amount of *Pseudomonas* bacteria in the soil from intensive and no-tillage systems

Numer gospodarstwa/sposób użytkowania gleby Farm number/type of soil cultivation	Ogólna liczebność <i>Pseudomonas</i> Total number of <i>Pseudomonas</i>	Liczebność <i>Pseudomonas</i> fluoryzujących Number of fluores- cence <i>Pseudomonas</i>
	jtk·g ⁻¹ s.m. gleby; cfu·g ⁻¹ d.m. of soil	
1 – ugorowana no tillage soil	23,0 × 10⁴ a	0,7 × 10 ⁴ a
1 – intensywnie użytkowana intensively cultivated soil	8,4 × 10⁴ b	5,5 × 10 ⁴ a
2 – ugorowana	23,5 × 10 ⁴ b	5,3 × 10 ⁴ a
2 – intensywnie użytkowana	33,5 × 10 ⁴ a	9,0 × 10 ⁴ a
3 – ugorowana	96,0 × 10⁴ a	11,8 × 10⁴ a
3 – intensywnie użytkowana	3,4 × 10⁴ a	0,6 × 10⁴ b
4 – ugorowana	9,8 × 10⁴ a	26,5 × 10 ⁴ a
4 – intensywnie użytkowana	1,0 × 10⁴ b	3,7 × 10 ⁴ a
5 – ugorowana	28,8 × 10 ⁴ a	8,2 × 10 ⁴ a
5 – intensywnie użytkowana	18,9 × 10 ⁴ a	6,0 × 10 ⁴ a
6 – ugorowana	1,8 × 10 ⁴ a	0,4 × 10 ⁴ a
6 – intensywnie użytkowana	8,2 × 10 ⁴ a	1,6 × 10 ⁴ a
7 – ugorowana	2,4 × 10 ⁴ b	1,2 × 10⁴ b
7 – intensywnie użytkowana	8,8 × 10 ⁴ a	37,3 × 10⁴ a
8 – ugorowana	1,5 × 10 ⁴ a	0,4 × 10⁴ b
8 – intensywnie użytkowana	7,2 × 10 ⁴ a	5,8 × 10⁴ a
9 – ugorowana	4,5 × 10 ⁴ a	2,7 × 10 ⁴ a
9 – intensywnie użytkowana	3,3 × 10 ⁴ a	0,8 × 10 ⁴ a
10 – ugorowana	5,9 × 10 ⁴ a	1,0 × 10 ⁴ a
10 – intensywnie użytkowana	1,8 × 10 ⁴ a	2,0 × 10 ⁴ a

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie (dla każdego gospodarstwa oddzielnie) nie różnią się istotnie według testu Newmana-Keulsa ($p = 0,05$).

Means followed by the same letter within columns (for each farm individually) are not significantly different according to Newman-Keuls test ($p = 0.05$).

Tabela 3. Liczebność bakterii przetrwalnikujących oraz grzybów w glebie ugorowanej i intensywnie użytkowanej
 Table 3. The amount of spore forming bacteria and fungi in the soil from intensive and no-tillage systems

Numer gospodarstwa/sposób użytkowania gleby Farm number/type of soil cultivation	Liczebność bakterii przetrwalnikujących Number of spore forming bacteria	Ogólna liczebność grzybów Total number of fungi	Liczebność drożdży Number of yeast
	jtk·g ⁻¹ s.m. gleby; cfu·g ⁻¹ d.m. of soil		
1 – ugorowana no tillage soil	3,2 × 10 ⁶ a	17,3 × 10 ⁴ a	4,4 × 10 ³
1 – intensywnie użytkowana intensively cultivated soil	4,8 × 10 ⁶ a	4,3 × 10 ⁴ a	2,1 × 10 ³
2 – ugorowana	2,1 × 10 ⁶ a	17,0 × 10 ⁴ a	1,8 × 10³ b
2 – intensywnie użytkowana	2,3 × 10 ⁶ a	18,9 × 10 ⁴ a	8,0 × 10³ a
3 – ugorowana	1,2 × 10 ⁶ a	76,9 × 10 ⁴ a	–
3 – intensywnie użytkowana	1,6 × 10 ⁶ a	14,8 × 10 ⁴ a	3,2 × 10 ⁴
4 – gleba ugorowana	2,2 × 10⁶ a	24,3 × 10⁴ b	5,3 × 10 ⁴
4 – intensywnie użytkowana	0,8 × 10⁶ b	96,6 × 10⁴ a	3,3 × 10 ⁴
5 – ugorowana	3,2 × 10 ⁶ a	23,8 × 10 ⁴ a	0,8 × 10⁴ b
5 – intensywnie użytkowana	2,9 × 10 ⁶ a	18,2 × 10 ⁴ a	3,9 × 10⁴ a
6 – ugorowana	2,7 × 10⁶ a	46,0 × 10⁴ a	1,0 × 10 ⁴
6 – intensywnie użytkowana	0,4 × 10⁶ b	14,9 × 10⁴ b	1,3 × 10 ⁴
7 – ugorowana	0,5 × 10 ⁶ a	49,3 × 10 ⁴ a	2,5 × 10⁴ b
7 – intensywnie użytkowana	0,4 × 10 ⁶ a	30,0 × 10 ⁴ a	8,7 × 10⁴ a
8 – ugorowana	1,0 × 10 ⁶ a	12,2 × 10⁴ b	0,7 × 10 ⁴ a
8 – intensywnie użytkowana	1,5 × 10 ⁶ a	28,6 × 10⁴ a	1,3 × 10 ⁴ a
9 – ugorowana	5,8 × 10 ⁶ a	25,7 × 10 ⁴ a	1,4 × 10⁴ b
9 – intensywnie użytkowana	12,4 × 10 ⁶ a	24,1 × 10 ⁴ a	3,4 × 10⁴ a
10 – ugorowana	11,9 × 10 ⁶ a	23,5 × 10 ⁴ a	2,6 × 10⁴ b
10 – intensywnie użytkowana	18,9 × 10 ⁶ a	25,4 × 10 ⁴ a	5,6 × 10⁴ a

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie (dla każdego gospodarstwa oddzielnie) nie różnią się istotnie według testu Newmana-Keulsa (p = 0,05).

Means followed by the same letter within columns (for each farm individually) are not significantly different according to Newman-Keuls test (p = 0.05).

Tabela 4. Liczebność wolno żyjących asymilatorów azotu *Azotobacter* spp., bakterii koptroficznych i oligotroficznych w glebie ugorowanej i intensywnie użytkowanej
 Table 4. The amount of free-living diazotrophic *Azotobacter* spp., copiotrophic and oligotrophic bacteria in the soil from intensive and no-tillage systems

Numer gospodarstwa/sposób użytkowania gleby Farm number/type of soil cultivation	Azotobacter*	Liczebność bakterii koptroficznych Number of copiotrophic bacteria	Liczebność bakterii oligotroficznych Number of oligotrophic bacteria
	jtk·g ⁻¹ s.m. gleby; cfu·g ⁻¹ d.m. of soil		
1 – ugorowana no tillage soil	16,2 a	6,9 × 10 ⁹ a	0,6 × 10 ⁹ a
1 – intensywnie użytkowana intensively cultivated soil	12,9 b	9,8 × 10 ⁹ a	0,5 × 10 ⁹ a
2 – ugorowana	17,6 a	5,7 × 10⁹ b	3,6 × 10⁹ b
2 – intensywnie użytkowana	11,4 b	73,6 × 10⁹ a	7,9 × 10⁹ a
3 – ugorowana	12,4 a	3,4 × 10⁹ a	1,9 × 10⁹ a
3 – intensywnie użytkowana	5,7 b	1,8 × 10⁹ b	1,3 × 10⁹ b
4 – gleba ugorowana	9,0 a	3,9 × 10 ⁹ a	1,3 × 10 ⁹ a
4 – intensywnie użytkowana	0,7 b	3,9 × 10 ⁹ a	0,8 × 10 ⁹ a
5 – ugorowana	10,0 a	4,0 × 10 ⁹ a	1,9 × 10 ⁹ a
5 – intensywnie użytkowana	9,5 a	3,5 × 10 ⁹ a	2,0 × 10 ⁹ a
6 – ugorowana	1,2 a	16,9 × 10 ⁹ a	2,3 × 10⁹ a
6 – intensywnie użytkowana	1,5 a	21,0 × 10 ⁹ a	0,4 × 10⁹ b
7 – ugorowana	1,0 b	7,5 × 10 ⁹ a	1,6 × 10 ⁹ a
7 – intensywnie użytkowana	4,2 a	14,8 × 10 ⁹ a	1,2 × 10 ⁹ a
8 – ugorowana	1,5 b	18,2 × 10 ⁹ a	2,2 × 10 ⁹ a
8 – intensywnie użytkowana	4,3 a	17,5 × 10 ⁹ a	2,5 × 10 ⁹ a
9 – ugorowana	4,1 a	16,6 × 10⁹ a	0,4 × 10 ⁹ a
9 – intensywnie użytkowana	4,4 a	4,9 × 10⁹ b	0,5 × 10 ⁹ a
10 – ugorowana	2,7 a	14,4 × 10 ⁹ a	0,3 × 10 ⁹ a
10 – intensywnie użytkowana	2,3 a	20,2 × 10 ⁹ a	0,5 × 10 ⁹ a

*liczba kolonii *Azotobacter* spp. rosnących wokół 20 mikropróbek gleby, umieszczonych na 1 szalce Petriego, wynik jest średnią z 6 szalek Petriego

*the amount of *Azotobacter* spp. colonies growing around 20 soil micro-samples, placed on 1 Petri plate, the result is the average of 6 Petri plates

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie (dla każdego gospodarstwa oddzielnie) nie różnią się istotnie według testu Newmana-Keulsa (p = 0,05).

Means followed by the same letter within columns (for each farm individually) are not significantly different according to Newman-Keuls test (p = 0.05).

Odmienne zjawisko zaobserwowano w przypadku wolno żyjących asymilatorów azotu typu *Azotobacter* (tab. 4). Są to bakterie bardzo wrażliwe na kwaśny odczyn oraz zanieczyszczenie środowiska (Martyniuk i Martyniuk 2003; Martyniuk i Oroń 2007; Natywa i in. 2013). Istotnie więcej tych bakterii występowało w glebach ugorowanych. Jedynie w dwóch gospodarstwach (7 i 8) liczebność tych bakterii była bardzo niska w obu systemach użytkowania gleb, najprawdopodobniej z powodu niskiego pH.

Bakterie glebowe umownie dzielone są na dwie grupy różniące się znacząco wymaganiami dotyczącymi ilości i jakości niezbędnych do życia składników odżywczych, zwłaszcza węgla (Hu i in. 1999; Koch 2001). Pierwsza grupa – bakterie autochtoniczne (oligotrofy) są typowe dla środowiska glebowego. Charakteryzują się niewielką szybkością wzrostu i raczej niezmienną liczebnością w glebie. Drugą grupę stanowią organizmy zymogenne (kopirotrofy), które szybciej namnażają się po wprowadzeniu do gleby materii organicznej, np. resztek roślinnych. Zarówno oligotrofy, jak i kopirotrofy odgrywają istotną rolę w procesach biochemicznych zachodzących w glebie. Uzyskane w tych badaniach wyniki dotyczące liczebności bakterii kopirotroficznych i oligotroficznych w glebach ugorowanych i intensywnie użytkowanych nie wykazały wyraźnych różnic w zależności od systemu uprawy (tab. 4).

Żywność gleby można oceniać także metodami pośrednimi, określając aktywność enzymów biorących udział w przemianach metabolicznych, np. dehydrogenaz, ureaz, fosfataz i proteaz (Brzezińska 2009; Wolińska i Bennicelli 2010; Wolińska i in. 2015). W glebach żyznych, zasobnych w składniki pokarmowe i posiadających uregulowane parametry powietrzno-wodne stwierdza się dużą aktywność enzymatyczną. W przeprowadzanych badaniach określano aktywność dehydrogenaz – enzymów katalizujących procesy oksydoredukcyjne. Są to enzymy działające tylko wewnątrz żywych komórek. Aktywność dehydrogenaz w próbach gleby jest wskaźnikiem intensywności metabolizmu oddechowego mikroorganizmów glebowych. Uważa się, że istnieje ścisła zależność między aktywnością dehydrogenaz a żywnością gleby. Wyniki obrazujące aktywność dehydrogenaz w próbach glebowych pobranych z gleb ugorowanych i intensywnie uprawianych wykazały, że w większości przypadków aktywność ta była istotnie wyższa w glebach ugorowanych. Jedynie w dwóch gospodarstwach (6 i 7) obserwowano wyższą aktywność w glebach intensywnie użytkowanych (tab. 5).

Próby gleb pobrane z miejsc intensywnie użytkowanych i ugorowanych różniły się znacznie pH, zasoleniem i zawartością składników mineralnych (tab. 6).

Analizy mikroorganizmów różnych grup nie wskazują jednak, aby te różnice w znaczący sposób wpływały na liczebności badanych drobnoustrojów. Ilość i skład gatunkowy mikroorganizmów w glebie, oprócz warunków powietrzno-wodnych, w najsilniejszym stopniu determinowany jest rodzajem

związków chemicznych, jakie są dostarczane do środowiska. Głównym źródłem tych związków, oprócz nawożenia organicznego, są rosnące w środowisku rośliny. Wpływają one na drobnoustroje bezpośrednio (rozkład tkanek, wydzieliny korzeniowe itp.), jak i pośrednio poprzez modyfikacje środowiska. Oddziaływania te, zarówno pozytywne, jak i negatywne (allelпатия), są niezwykle złożone (Janušauskaite i in. 2013; Swędrzyńska i Grześ 2015; Woźnińska i in. 2016).

Tabela 5. Aktywność dehydrogenaz w glebie ugorowanej i intensywnie użytkowanej
Table 5. Dehydrogenases activity in the soil from intensive and no-tillage systems

Numer gospodarstwa/sposób użytkowania gleby Farm number/type of soil cultivation	Aktywność dehydrogenaz $\mu\text{mol TPF} \cdot \text{g}^{-1} \text{ s.m.} \cdot 24 \text{ h}$ Dehydrogenases activity $\mu\text{mol TPF} \cdot \text{g}^{-1} \text{ d.m.} \cdot 24 \text{ h}$
1 – ugorowana no tillage soil	0,53 a
1 – intensywnie użytkowana intensively cultivated soil	0,44 a
2 – ugorowana	0,62 a
2 – intensywnie użytkowana	0,31 b
3 – gleba ugorowana	0,53 a
3 – intensywnie użytkowana	0,12 b
4 – ugorowana	0,30 a
4 – intensywnie użytkowana	0,07 b
5 – ugorowana	0,64 a
5 – intensywnie użytkowana	0,29 b
6 – ugorowana	0,13 b
6 – intensywnie użytkowana	0,57 a
7 – ugorowana	0,07 a
7 – intensywnie użytkowana	0,16 a
8 – ugorowana	0,51 a
8 – intensywnie użytkowana	0,49 a
9 – ugorowana	0,57 a
9 – intensywnie użytkowana	0,34 b
10 – ugorowana	0,56 a
10 – intensywnie użytkowana	0,18 b

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie nie różnią się istotnie według testu Newmana-Keulsa ($p = 0,05$).

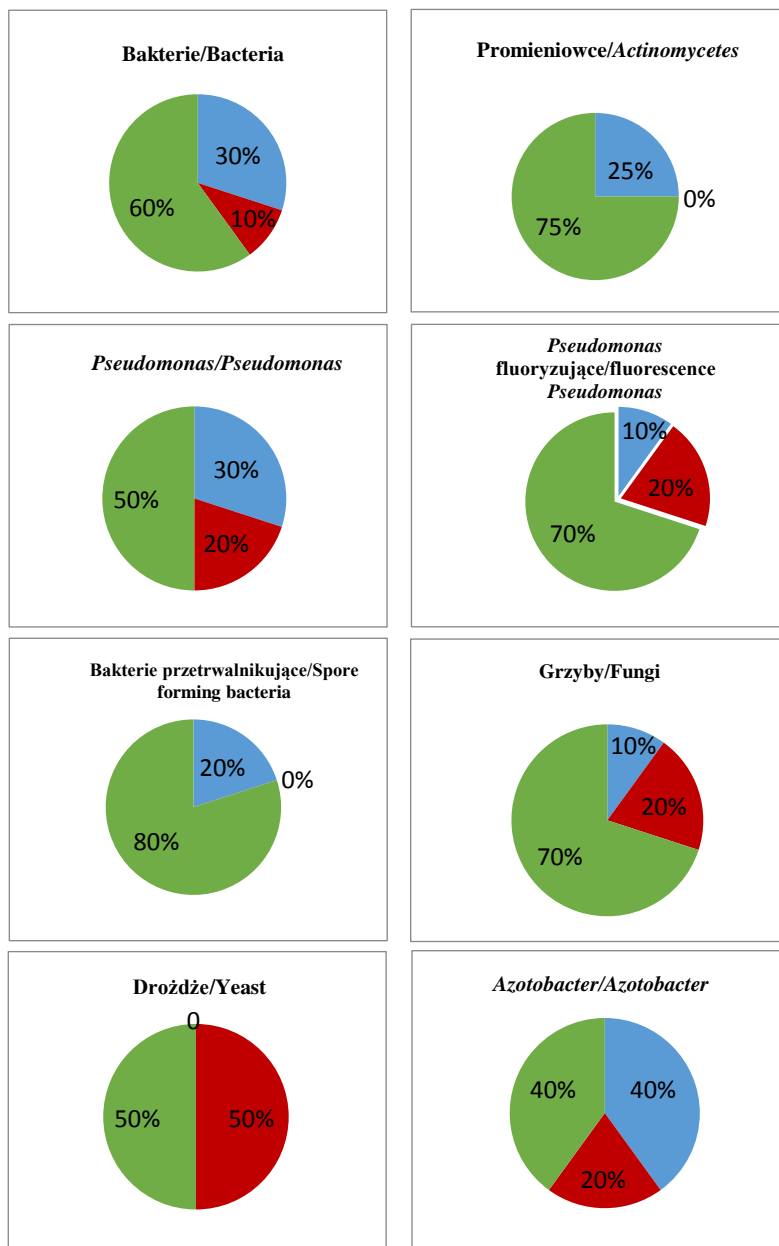
Means followed by the same letter within columns (for each farm individually) are not significantly different according to Newman-Keuls test ($p = 0.05$)

Tabela 6. Zawartość składników mineralnych w glebie ugorowanej i intensywnie użytkowanej

Table 6. Mineral content of soil from intensive and no-tillage systems

Numer gospodarstwa/sposób użytkowania gleby Farm number/type of soil cultivation	pH w H ₂ O	Zasolenie Salinity g NaCl·dm ⁻³	N-NO ₃	P	K	Mg	Ca
1 – ugorowana no tillage soil	6,9	0,32	70	134	303	172	1230
1 – intensywnie użytkowana intensively cultivated soil	7,3	0,44	130	148	292	221	3790
2 – ugorowana	6,7	0,30	48	65	158	165	846
2 – intensywnie użytkowana	6,3	1,10	245	369	496	276	2140
3 – ugorowana	7,1	0,58	96	97	113	213	3140
3 – intensywnie użytkowana	5,9	0,31	45	97	131	78	740
4 – ugorowana	6,6	0,39	70	128	108	157	1270
4 – intensywnie użytkowana	4,9	0,71	115	87	183	102	596
5 – ugorowana	7,0	0,40	75	173	423	197	1250
5 – intensywnie użytkowana	5,8	0,21	46	74	117	98	584
6 – ugorowana	5,9	0,16	24	19	147	66	517
6 – intensywnie użytkowana	7,0	0,39	73	393	165	198	1810
7 – ugorowana	4,8	0,10	12	10	87	63	325
7 – intensywnie użytkowana	6,0	0,75	120	219	217	164	1420
8 – ugorowana	6,2	0,19	37	50	218	105	658
8 – intensywnie użytkowana	6,6	0,91	177	377	310	252	2700
9 – ugorowana	7,2	0,38	13	142	266	183	1197
9 – intensywnie użytkowana	7,2	0,35	16	197	207	146	1220
10 – ugorowana	7,3	–	–	–	–	–	–
10 – intensywnie użytkowana	6,6	0,58	40	43	147	101	807

Na rysunku 1 przedstawiono zestawienie gospodarstw, w których liczba poszczególnych grup drobnoustrojów w glebie ugorowanej była większa, niższa lub podobna jak w glebie intensywnie użytkowanej. Jak widać z wykresu (kolor zielony), w większości analizowanych gospodarstw liczebność mikroorganizmów w glebach ugorowanych nie różniła się znacząco od tych z gleb intensywnie użytkowanych.



Rys. 1 Procent gospodarstw, w których liczebność mikroorganizmów w glebie ugorowanej była większa (●), mniejsza (●) lub podobna (●) jak w glebie intensywnie użytkowanej

Fig. 1. The percent of farms in which the amount of microorganisms in the no-tillage soil was greater, lower or similar to the intensive tillage soil

WNIOSKI

Wyniki uzyskane z prowadzonych badań nie wykazały jednoznacznego wpływu systemu użytkowania gleby na ogólną liczebność bakterii, promieniowców, bakterii tworzących spory, bakterii z rodzaju *Pseudomonas* czy grzybów. Zaobserwowano natomiast, że liczebność wolno żyjących asymilatorów azotu (*Azotobacter*) częściej była wyższa w glebach ugorowanych. Podobnie aktywność enzymu dehydrogenazy, będąca wskaźnikiem intensywności metabolizmu oddechowego mikroorganizmów glebowych, była w większości przypadków wyższa w glebach ugorowanych niż intensywnie użytkowanych.

Literatura

- Berry C.L., Nandi M., Manuel J., Brassinga A.K.C., Fernando W.G.D., Loewen P.C., de Kievit T.R. 2014. Characterization of the *Pseudomonas* sp. DF41 quorum sensing locus and its role in fungal antagonism. *Biological Control* 69: 82–89. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2013.11.005.
- Bonanomi G., Sicurezza M.G., Caporaso S., Esposito A., Mazzoleni S. 2006. Phytotoxicity dynamics of decaying plant materials. *New Phytologist* 169: 571–578. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2005.01611.x.
- Brzezińska M., Włodarczyk T. 2005. Enzymy wewnątrzkomórkowych przemian redoks (oksydoreduktazy). *Acta Agrophysica, Rozprawy i Monografie* 120(3): 11–26.
- Brzezińska M. 2009. Wykorzystanie ekofizjologicznych wskaźników mikrobiologicznych do oceny jakości gleby. *Postępy Nauk Rolniczych* 61(1): 39–51.
- De-Bashan L.E., Hernandez J.-P., Bashan Y. 2012. The potential contribution of plant growth-promoting bacteria to reduce environmental degradation – A comprehensive evaluation. *Applied Soil Ecology* 61: 171–189. DOI: 10.1016/j.apsoil.2011.09.003.
- Dhingra O.D., Sinclair J.B. 1995. *Basic plant pathology methods*. CRC Press, USA.
- Fenglerowa W. 1965. Simple method for counting *Azotobacter* in soil samples. *Acta Microbiologica Polonica* 14: 203–206.
- Gould W.D., Hagedorn C., Bardinelli T.R., Zablotowicz R.M. 1985. New selective media for enumeration and recovery of fluorescent pseudomonads from various habitats. *Applied and Environmental Microbiology* 49: 28–32.
- Hattori R., Hattori T. 1980. Sensitivity to salts and organic compounds of soil bacteria isolated on diluted media. *Journal of General and Applied Microbiology* 26: 1–14. DOI: 10.2323/jgam.26.1.
- Hu S.J., van Bruggen A.H.C., Grünwald N.J. 1999. Dynamics of bacterial populations in relation to carbon availability in a residue-amended soil. *Applied Soil Ecology* 13: 21–30. DOI: 10.1016/s0929-1393(99)00015-3.
- Jankowska M., Swędrzyńska D. 2016. Analiza oddziaływań wybranych drobnoustrojów w środowisku glebowym. *Kosmos* 65: 49–55.

- Janušauskaite D., Kadzienė G., Auškalnienė O. 2013. The effect of tillage system on soil microbiota in relation to soil structure. *Polish Journal of Environmental Studies* 22: 1387–1391.
- Koch A.L. 2001. Oligotrophs versus copiotrophs. *BioEssays* 23: 657–661. DOI: 10.1002/bies.1091.
- Lynch J.M., Bragg E. 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. W: Stewart B.A. (red.), *Advances in Soil Science*, vol. 2. Springer, New York, Inc., s. 133–171. DOI: 10.1007/978-1-4612-5088-3_3.
- Majchrzak B., Kurowski T.P., Wachowska U., Jaźwińska E. 2010. Zmiany mikrobiologiczne w środowisku glebowym pod wpływem uprawy roślin kapustnych (Brassicaceae). *Acta Agrobotanica* 63: 161–169. DOI: 10.5586/aa.2010.018.
- Martyniuk S., Martyniuk M. 2003. Occurrence of *Azotobacter* spp. in some Polish soils. *Polish Journal of Environmental Studies* 12: 371–374.
- Martyniuk S., Oroń J. 2007. Bioróżnorodność mikrobiologiczna gleb na przykładzie bakterii wiążących azot atmosferyczny – oddziaływanie wybranych zabiegów agrotechnicznych. *Fragmenta Agronomica* 24(4): 18–23.
- Martyniuk S. 2014. Czy rolnictwo konwencjonalne (intensywne) szkodzi mikroorganizmom glebowym? *Polish Journal of Agronomy* 17: 25–29.
- Martin J.P. 1950. Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Science* 69: 215–232. DOI: 10.1097/00010694-195003000-00006.
- Mazzola M. 2004. Assessment and management of soil microbial community structure for disease suppression. *Annual Review of Phytopathology* 42: 35–59. DOI: 10.1146/annurev.phyto.42.040803.140408.
- McSpadden Gardener B.B. 2007. Diversity and ecology of biocontrol *Pseudomonas* spp. in agricultural systems. *Phytopathology* 97: 221–226. DOI: 10.1094/phyto-97-2-0221.
- Mocek-Płóciński A. 2010. Wykorzystanie aktywności enzymatycznej do oceny wpływu antropogenicznych zmian wywołanych przez metale ciężkie w środowisku glebowym. *Nauka, Przyroda, Technologie* 4: 1–10.
- Natywa M., Selwet M., Ambroży K., Pocijowska M. 2013. Wpływ nawożenia azotem i deszczowania na liczebność bakterii z rodzaju *Azotobacter* w glebie pod uprawą kukurydzy w różnych fazach rozwoju rośliny. *Polish Journal of Agronomy* 14: 53–58.
- Paul E.A., Clark F.E. 2000. *Mikrobiologia i Biochemia Gleb*. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin, 400 s.
- Saharan B.S., Nehra V. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. *Life Sciences and Medicine Research* 21, 30 s.
- Swędrzyńska D., Małecka I., Bleharczyk A., Swędrzyński A., Starzyk J. 2013. Effects of various long-term tillage systems on some chemical and biological properties of soil. *Polish Journal of Environmental Studies* 22: 1835–1844.
- Swędrzyńska D., Grześ S. 2015. Microbiological parameters of soil under sugar beet as a response to the long-term application of different tillage systems. *Polish Journal of Environmental Studies* 24: 285–294. DOI: 10.15244/pjoes/25102.

- Wolińska A., Bennicelli R.P. 2010. Dehydrogenase activity response to soil reoxidation process described as varied conditions of water potential, air porosity and oxygen availability. *Polish Journal of Environmental Studies* 19: 651–657.
- Wolińska A., Rekosz-Burlaga H., Goryluk-Salmonowicz A., Błaszczyk M., Stępniewska Z. 2015. Bacterial abundance and dehydrogenase activity in selected agricultural soils from Lublin region. *Polish Journal of Environmental Studies* 24: 2677–2682. DOI: 10.15244/pjoes/59323.
- Wolińska A., Szafranek-Nakonieczna A., Zielenkiewicz U., Tomczyk-Żak K., Banach A., Błaszczyk M., Stępniewska Z. 2016. Quantified characterization of soil biological activity under crop cultivation. *Journal of Advances in Biology* 8: 1655–1664.

Praca została wykonana w ramach Programu Wieloletniego (2015–2020) „Działania na rzecz poprawy konkurencyjności i innowacyjności sektora ogrodniczego z uwzględnieniem jakości i bezpieczeństwa żywności oraz ochrony środowiska naturalnego”, zadanie badawcze 3.2 „Rozwój zrównoważonego nawożenia roślin ogrodniczych i zapobieganie degradacji gleby i skażenia wód gruntowych”, finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.