

Wpływ sposobu przygotowania stanowiska pod pszenicę jara na liczebność mikroorganizmów i aktywność biochemiczną gleby

¹Małgorzata Pocięjowska, ¹Małgorzata Natywa, ²Leszek Majchrzak, ¹Tomasz Clapa, ¹Marek Selwet

¹Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Szydlowska 50, 60-656 Poznań, Polska

²Katedra Agronomii – Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Dojazd 11, 60-632 Poznań, Polska

Abstrakt. Badania przeprowadzono w sezonie wegetacyjnym 2012 r. w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Brody, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Ich celem było poznanie wpływu sposobu uprawy gleby po wysiewie międzyplonu ścierniskowego (gorczyca biała i łubin + groch) pod uprawę pszenicy jarej na liczebność mikroorganizmów (bakterii i grzybów) i aktywność enzymów: dehydrogenazy, fosfatazy kwasnej i proteazy. Próbkę glebowe pobrano pięciokrotnie w trakcie sezonu wegetacyjnego (przed siewem pszenicy (BBCH 0), faza 2–3 rozkrzewień (BBCH 22–23), strzelanie w źdźbło (BBCH 30–31), koniec kłoszenia (BBCH 59) oraz po zbiorze). Analizę statystyczną wyników przeprowadzono testem Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ z wykorzystaniem programu Statistica 8.0. Stwierdzono istotny wpływ różnych sposobów uprawy roli na liczebność analizowanych mikroorganizmów i aktywność enzymów glebowych w różnych terminach i fazach rozwojowych pszenicy jarej. Zastosowanie siewu bezpośredniego w uprawie roli zwiększyło liczebność drobnoustrojów i ich aktywność enzymatyczną (dehydrogenaza $0,07\text{--}0,90 \mu\text{mol TPF} \cdot \text{g}^{-1}\text{s.m. gleby} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$, fosfataza kwasna $0,36\text{--}0,79 \mu\text{mol PNP} \cdot \text{g}^{-1}\text{s.m. gleby} \cdot \text{h}^{-1}$ i proteaza $0,05\text{--}0,65 \mu\text{g tyrozyny} \cdot \text{g}^{-1}\text{s.m. gleby} \cdot \text{h}^{-1}$) w stosunku do technologii tradycyjnej. Gleba pochodząca z obiektów z siewem bezpośrednim charakteryzowała się zwiększoną o 10,1% ogólną ilością bakterii i o 63,1% grzybów w porównaniu do uprawy płuznej.

słowa kluczowe: mikroorganizmy glebowe, enzymy glebowe, systemy uprawy roli, pszenica jara

WSTĘP

Najpowszechniejszym sposobem uprawy roli pozostaje wysoko praco- i energochłonna uprawa konwencjonalna (płuzna). W pracach polowych sięga się po alternatywne sposoby uprawy roli, które umożliwiają zmniejszenie intensywności, głębokości i częstotliwości wykonywanych

zabiegów. W tym celu wprowadza się coraz częściej nowoczesne i bardziej wydajne zestawy uprawowo-siewne, maszyny aktywne czy wieloczynnościowe agregaty bądź stosuje techniki bezorkowe (siew bezpośredni, uprawa zerowa). Modyfikacja uprawy płuznej, a szczególnie jej uproszczenie, powoduje szereg zmian właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby. Rośliny międzyplonów (np. gorczyca biała, łubin żółty, łubin wąskolistny, groch) w czasie wegetacji i ich biomasa wnoszona do gleby kształtują właściwości fizyczne gleby, tj. temperaturę, wilgotność, porowatość, gęstość, a także działają przeciwerozyjnie. We współczesnej polowej produkcji roślinnej pełnią one rolę agrotechnicznego elementu w uproszczonych systemach uprawy roli. Ponadto wprowadzenie międzyplonów ścierniskowych na przyoranie zwiększa biomasa mikroorganizmów glebowych i ich aktywność enzymatyczną. Rośliny te lub ich biomasa wnoszona do gleby stymulują między innymi rozwój i różnorodność biologiczną mikroflory oraz fauny glebowej, podczas rozkładu uwalniają składniki pokarmowe wykorzystywane przez roślinę następczą, a także działają pozytywnie na strukturę gleby. Mikroorganizmy glebowe są integralnym składnikiem gleby i pełnią szereg funkcji w procesach kluczowych dla przepływu energii i obiegu materii w środowisku. Szybko reagują one na stresy środowiskowe, ale również łatwo adaptują się do nowych warunków. Aktywność biochemiczna drobnoustrojów glebowych często uznawana jest za wczesny sygnał obniżenia lub poprawy jakości i produktywności gleby. Powszechnie znany jest udział drobnoustrojów w kształtowaniu żyzności i zdrowotności gleby, dlatego niezbędne jest poznanie oddziaływania czynników, które wpływają bezpośrednio na ich liczebność i aktywność w glebie (Quemada, Menacho, 2001).

Celem przeprowadzonych w 2012 roku badań było określenie liczebności mikroorganizmów (bakterii ogółem i grzybów) oraz aktywności enzymów (dehydrogenazy, fosfatazy kwasnej i proteazy) w glebie pod uprawą pszenicy jarej w zróżnicowanych systemach uprawy roli.

Autor do kontaktu:

Małgorzata Natywa
e-mail: mnatywa@up.poznan.pl
tel./fax +48 061 8487190

Praca wpłynęła do redakcji 2 lipca 2013 r.

MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono w sezonie wegetacyjnym 2012 roku na obiektach doświadczalnych Zakładu Doświadczalno-Dydaktycznego Brody należącego do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Doświadczenie zostało przeprowadzone na glebie pługowej o składzie granulometrycznym piasków gliniastych lekkich i mocnych, zaliczonej do klasy bonitacyjnej IV a. W momencie zakładania doświadczenia odczyn warstwy ornej był lekko kwaśny i wynosił 6,2 pH w 1 M KCl. Zawartość substancji organicznej kształtowała się na poziomie 1,51%. Założono doświadczenie 1-czynnikowe w układzie niezależnym w 4 powtórzeniach:

Czynnikiem badawczym był sposób uprawy roli pod wysiew międzyplonu i pszenicy jarej: Charakterystykę obiektów podano w tabeli 1.

Podorywkę i siew międzyplonu (w zależności od obiektu: łubin żółty 100 kg·ha⁻¹ + groch 100 kg·ha⁻¹ lub

gorczyca biała 20 kg·ha⁻¹) wykonano 20 i 21 sierpnia 2011 roku, natomiast pszenicę jarą odmiany Vinjet wysiano 14 kwietnia 2012 roku w ilości 225 kg·ha⁻¹.

Analizy prowadzono w pięciu terminach związanych z fazą rozwojową pszenicy jarej: I – przed siewem BBCH 0, II – faza 2–3 rozkrzewień BBCH 22-23, III – strzelanie w źdźbło BBCH 30-31, IV – koniec kłoszenia BBCH 59 i V – po zbiorze. Liczebność mikroorganizmów glebowych oznaczono metodą płytkową stosując gotowe podłoża wybiórcze firmy Merck (Agar Standard dla bakterii, RBC dla grzybów). Posiewy zostały wykonane w 3 powtórzeniach, a liczbę poszczególnych grup drobnoustrojów przeliczano na 1 g s.m. gleby i wyrażano w jednostkach tworzących kolonie (jtk). Aktywność enzymów glebowych oznaczono zgodnie z metodyką Thalmanna (1968) – dehydrogenaza, Tabatabai i Bremnera (1969) – fosfataza kwaśna, Ladda i Butlera (1972) – proteaza z zastosowaniem spektrofotometru NOVASPEC II. Analizę statystyczną wyników przeprowadzono testem Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ wykorzystując program Statistica 8.0.

Tabela 1. Charakterystyka obiektów doświadczenia
Table 1. Characteristic of experiment treatments.

Lp. No.	Obiekty Treatments
1.	Podorywka, bez międzyplonu, orka wiosenna, siew pszenicy jarej Skimming, without catch crop, spring plowing, spring wheat sowing
2.	Podorywka, wysiew międzyplonu (łubin żółty + groch), orka wiosenna, siew pszenicy jarej Skimming, sowing of catch crop (yellow lupine + pea), spring plowing, spring wheat sowing
3.	Aplikacja herbicydu Roundup 360 SL 4,0 l·ha ⁻¹ + AS 500 SL 1,5 l·ha ⁻¹ , siew bezpośredni międzyplonu (łubin żółty + groch), orka wiosenna, siew pszenicy jarej Application of Roundup 360 SL 4.0 l ha ⁻¹ + AS 500 SL 1.5 l ha ⁻¹ , direct sowing of catch crop (yellow lupine + pea), spring plowing, spring wheat sowing
4.	Podorywka, wysiew międzyplonu (łubin żółty + groch), wiosną aplikacja herbicydu Roundup 360 SL 1,5 l·ha ⁻¹ + AS 500 SL 1,5 l·ha ⁻¹ , siew bezpośredni pszenicy jarej Skimming, sowing of catch crop (yellow lupine + pea), spring application of Roundup 360 SL 1.5 l ha ⁻¹ + AS 500 SL 1.5 l ha ⁻¹ , direct sowing of spring wheat
5.	Aplikacja herbicydu Roundup 360 SL 4,0 l·ha ⁻¹ + AS 500 SL 1,5 l·ha ⁻¹ , siew bezpośredni międzyplonu (łubin żółty + groch), wiosną aplikacja herbicydu Roundup 360 SL 1,5 l·ha ⁻¹ + AS 500 SL 1,5 l·ha ⁻¹ , siew bezpośredni pszenicy jarej Application of Roundup 360 SL 4.0 l ha ⁻¹ + AS 500 SL 1.5 l ha ⁻¹ , direct sowing of catch crop (yellow lupine + pea), spring application of Roundup 360 SL 1.5 l ha ⁻¹ + AS 500 SL 1.5 l ha ⁻¹ , direct sowing of spring wheat
6.	Podorywka, wysiew międzyplonu (gorczyca biała), orka wiosenna, siew pszenicy jarej Skimming, sowing of catch crop (white mustard), spring plowing, spring wheat sowing
7.	Aplikacja herbicydu Roundup 360 SL 4,0 l·ha ⁻¹ + AS 500 SL 1,5 l·ha ⁻¹ , siew bezpośredni międzyplonu (gorczyca biała), orka wiosenna, siew pszenicy jarej Application of Roundup 360 SL 4.0 l ha ⁻¹ + AS 500 SL 1.5 l ha ⁻¹ , direct sowing of catch crop (white mustard), spring plowing, spring wheat sowing
8.	Podorywka, wysiew międzyplonu (gorczyca biała), wiosną aplikacja herbicydu Roundup 360 SL 1,5 l·ha ⁻¹ + AS 500 SL 1,5 l·ha ⁻¹ , siew bezpośredni pszenicy jarej Skimming, sowing of catch crop (white mustard), spring application of Roundup 360 SL 1.5 l ha ⁻¹ + AS 500 SL 1.5 l ha ⁻¹ , direct sowing of spring wheat
9.	Aplikacja herbicydu Roundup 360 SL 4,0 l·ha ⁻¹ + AS 500 SL 1,5 l·ha ⁻¹ , siew bezpośredni międzyplonu (gorczyca biała), wiosną aplikacja herbicydu Roundup 360 SL 1,5 l·ha ⁻¹ + AS 500 SL 1,5 l·ha ⁻¹ , siew bezpośredni pszenicy jarej Application of Roundup 360 SL 4.0 l ha ⁻¹ + AS 500 SL 1.5 l ha ⁻¹ , direct sowing of catch crop (white mustard), spring application of Roundup 360 SL 1.5 l ha ⁻¹ + AS 500 SL 1.5 l ha ⁻¹ , direct sowing of spring wheat
10.	Bez międzyplonu, wiosną aplikacja herbicydu Roundup 360 SL 1,5 l·ha ⁻¹ + AS 500 SL 1,5 l·ha ⁻¹ , siew bezpośredni pszenicy jarej Without catch crop, spring application of Roundup 360 SL 1.5 l ha ⁻¹ + AS 500 SL 1.5 l ha ⁻¹ , direct sowing of spring wheat

WYNIKI I DYSKUSJA

Zaobserwowano istotny wpływ sposobu przygotowania stanowiska pod pszenicę jarą oraz jej fazy rozwojowej na aktywność dehydrogenazy, fosfatazy kwaśnej oraz proteazy (tab. 2-4), a także liczebność wybranych grup drobnoustrojów (tab. 5, 6). Najwyższą aktywność dehydrogenaz, $0,90 \mu\text{mol TPF} \cdot \text{g}^{-1} \text{ s.m. gleby} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$, stwierdzono w próbkach gleby pobranych po zbiorze pszenicy (V termin) pochodzących z obiektów z siewem bezpośrednim gorczycy białej w międzyplonie i wysiewem pszenicy po wiosennej orce (7) (tab. 2). Z kolei najniższą aktywność tego enzymu, $0,07 \mu\text{mol TPF} \cdot \text{g}^{-1} \text{ s.m. gleby} \cdot (24 \text{ h})^{-1}$, odnotowano wiosną w fazie 2–3 liści (II termin) pszenicy jarej w obiektach, w których międzyplon (łubin żółty + groch) wysiewano w siewie bezpośrednim, a pszenicę wysiewano po orce (3). Gajda i in. (2010) zaobserwowali zróżnicowaną aktywność dehydrogenaz w glebie pod pszenicą w zależności od technologii jej uprawy. Większą aktywność dehydrogenaz w glebie uzyskiwano w obiektach, w których zastosowano technologię uproszczoną i siew bezpośredni w porównaniu do wyników pomiarów w glebie uprawianej w technologii konwencjonalnej. Liczni autorzy, m.in. Gajda i in. (2000), Martyniuk i in. (2001) oraz Marinari i in. (2006), również obserwowali większą aktywność dehydrogenaz w glebie w warunkach uprawy konserwującej w porównaniu do płuznej. Według Frąc i in. (2011) aktywność dehydrogenaz glebowych kształtowała się na wyższym poziomie w glebie w systemie ekologicznym niż

konwencjonalnym. Stwierdzono zmniejszenie aktywności mikrobiologicznej w warstwie gleby 10–20 cm w porównaniu do warstwy 0–10 cm w obu systemach produkcji. Badania Alvear i in. (2005) wykazały korzystny wpływ resztek poźniwnych (mulczu) oraz ekologicznej uprawy na aktywność enzymatyczną i biologiczną gleby. W badaniach Gajdy i Martyniuka (2005) wykazano, że aktywność dehydrogenaz oraz intensywność respiracyjna w ekologicznym systemie produkcji kształtowały się w glebie na istotnie wyższym poziomie niż przy uprawie płuznej.

Stwierdzono wyższą aktywność fosfatazy kwaśnej w glebie pochodzącej z obiektów z siewem bezpośrednim gorczycy w międzyplonie niż w obiektach w uprawie konwencjonalnej. Aktywność fosfatazy kwaśnej mieściła się w przedziale $0,36\text{--}4,79 \mu\text{mol PNP} \cdot \text{g}^{-1} \text{ s.m. gleby} \cdot \text{h}^{-1}$ (tab. 3). Przed siewem pszenicy (I termin) wyższą aktywnością tego enzymu charakteryzowała się gleba, na której gorczycę białą w międzyplonie wysiewano w siewie bezpośrednim (7 i 9). Podobnie jak w przypadku dehydrogenazy najwyższą aktywność fosfatazy kwaśnej stwierdzono w glebie pobieranej po zbiorze pszenicy (V termin) w obiekcie 7. Natomiast najniższą aktywność ($0,36 \mu\text{mol PNP} \cdot \text{g}^{-1} \text{ s.m. gleby} \cdot \text{h}^{-1}$) stwierdzono w próbkach gleby pobieranych w fazie BBCH 12-13 pszenicy (termin II) w obiektach z siewem bezpośrednim łubinu i grochu i wysiewem pszenicy po orce. Nie potwierdzono jednak statystycznych różnic w odniesieniu do wartości uzyskanych w próbkach gleby pochodzących z obiektów, w których nie uprawiano międzyplonu, a pszenicę wysiewano po wiosennej uprawie płuznej (1), zarówno łubin z grochem, jak i pszenicę wysiewano po płuznej uprawie gleby (2) oraz łubin z grochem wysiewano po podorywce, a pszenicę wysiewano

Tabela 2. Aktywność dehydrogenazy [$\mu\text{mol TPF} \cdot \text{g}^{-1} \text{ s.m. gleby} \cdot 24\text{h}^{-1}$] w glebie w zależności od sposobu uprawy międzyplonu i wysiewu pszenicy jarej

Table 2. Dehydrogenase activity [$\mu\text{mol TPF} \text{ g}^{-1} \text{ DM of soil} \cdot 24\text{h}^{-1}$] of soil depends on tillage system under catch crop cultivation and spring wheat sowing.

Obiekty [#] Treat- ments [#]	Termin pomiarów ^x Measurement term ^x				
	I	II	III	IV	V
1	0,29 de	0,10 de	0,13 d	0,37 c	0,24 e
2	0,21 f	0,11 ef	0,17 cd	0,23 d	0,31 de
3	0,18 f	0,07 f	0,15 cd	0,20 d	0,22 e
4	0,22 ef	0,17 de	0,23 bc	0,26 d	0,38 d
5	0,34 cd	0,24 cd	0,25 b	0,35 c	0,38 d
6	0,33 cd	0,18 de	0,18 bcd	0,63 b	0,38 d
7	0,44 ab	0,35 b	0,12 d	0,63 b	0,90 a
8	0,39 bc	0,34 b	0,18 bcd	0,72 a	0,50 c
9	0,48 a	0,49 a	0,44 a	0,65 ab	0,61 b
10	0,31 d	0,31 bc	0,16 cd	0,40 c	0,40 cd

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie prawdopodobieństwa $\alpha = 0,05$; Means marked with the same letters did not differ significantly at $\alpha = 0,05$

[#] patrz tab. 1; see Table 1

^x I – BBCH 0, II – BBCH 22-23, III – BBCH 30-31, IV – BBCH 59, V – po zbiorze; after wheat harvest

Tabela 3. Aktywność fosfatazy kwaśnej [$\mu\text{g tyrozyny} \cdot \text{g}^{-1} \text{ s.m.} \cdot \text{h}^{-1}$] w glebie w zależności od sposobu uprawy międzyplonu i wysiewu pszenicy jarej

Table 3. Acid phosphatase activity [$\mu\text{g tyrosine} \text{ g}^{-1} \text{ DM h}^{-1}$] in the soil depends on tillage system under catch crop cultivation and spring wheat sowing.

Obiekty [#] Treat- ments [#]	Termin pomiarów ^x Measurement term ^x				
	I	II	III	IV	V
1	1,31 cde	0,54 de	0,61 c	1,78 bc	1,23 e
2	0,98 e	0,61 de	0,79 bc	1,12 de	1,56 de
3	0,81 e	0,36 e	0,72 bc	0,97 e	1,16 e
4	1,04 de	0,91 cde	1,08 b	1,27 cde	2,04 cd
5	1,59 bc	1,30 bc	1,07 b	1,75 bcd	2,02 cd
6	1,59 bc	1,01 cd	0,88 bc	3,24 a	2,05 cd
7	2,14 a	1,91 b	0,61 c	3,27 a	4,79 a
8	1,90 ab	1,89 b	0,89 bc	3,81 a	2,70 bc
9	2,37 a	2,71 a	2,27 a	3,50 a	3,38 b
10	1,56 bcd	1,75 b	0,84 bc	2,17 b	2,24 cd

Objaśnienia jak pod tabelą 2

Explanations as in Table 2

w technologii siewu bezpośredniego (4). W badaniach Gajda i in. (2010) w ciągu trzech lat prowadzenia doświadczeń zaobserwowali większą aktywność fosfatazy kwaśnej w glebie uprawianej w technologii płużnej w odniesieniu do uproszczonej czy siewu bezpośredniego. W doniesieniach Małeckiej i in. (2012) stosowanie uprawy uproszczonej i siewu bezpośredniego stymulowało aktywność enzymów w glebie do głębokości 10 cm. Ponadto stwierdzono wyższą aktywność fosfatazy kwaśnej i dehydrogenazy w glebie pobranej z obiektów z uprawą uproszczoną i siewem bezpośrednim w odniesieniu do uprawianej płużnie. Istotnie najwyższą aktywnością fosfatazy kwaśnej i dehydrogenazy charakteryzowała się gleba w warstwie 0–10 cm pochodząca z obiektów z siewem bezpośrednim. Była ona wyższa o 50% w odniesieniu do gleby pochodzącej z obiektów z uproszczoną uprawą i o 100% w porównaniu do wartości uzyskanych w glebie uprawianej płużnie.

Aktywność proteaz mieściła się w przedziale od 0,05 wiosną w fazie BBCH 12-13 (termin II) w obiektach z siewem bezpośrednim łubinu i grochu i płużną uprawą gleby pod wysiew pszenicy (3) do 0,65 μg tyrozyny $\cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ w glebie pobieranej po zbiorze pszenicy (termin V), na której międzyplon wysiewano w siewie bezpośrednim, a pszenicę uprawiano w technologii płużnej (7). Istotność różnic potwierdzono w odniesieniu do wszystkich obiektów uprawowych (tab. 4). W badaniach Bielińskiej i Mocek-Płóćiniak (2012) stosowanie uprawy uproszczonej stymulowało istotnie aktywność enzymów i następowało to niezależnie od typu gleby. Ponadto stwierdzono statystycznie istotny wpływ uproszczonej uprawy roli na wzrost aktywności dehydrogenaz, fosfatazy alkalicznej, fosfatazy kwaśnej, ureazy oraz proteazy. W badaniach wła-

snych uzyskano szeroki zakres aktywności dehydrogenaz, co wskazuje na przydatność tej grupy enzymów do oceny zmian zachodzących w środowisku glebowym pod wpływem różnych technologii uprawy. W badaniach Bielińskiej i Mocek-Płóćiniak (2012) zauważono, iż w systemie uprawy uproszczonej aktywność enzymów w wierzchnich warstwach gleb była większa (dehydrogenaz o 50–70%, fosfatazy kwaśnej i fosfatazy alkalicznej o 30–50%, ureazy o 40%, a proteazy o 20–30%) w odniesieniu do wartości stwierdzonych w glebie uprawianej w systemie płużnym.

W przeprowadzonym doświadczeniu największą aktywność dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej i proteaz stwierdzono latem, w fazie BBCH 59 (termin IV) oraz po zbiorze roślin (termin V). Potwierdzają to również wyniki wcześniejszych badań (Natywa i in., 2010).

Wyniki prezentowanych badań wykazały istotny wpływ systemów uprawy roli na liczebność wybranych grup drobnoustrojów (tab. 5 i 6). Istotnie najwyższą ich liczbę odnotowano w fazie BBCH 59 (IV termin) w glebie, na której międzyplon (łubin żółty + groch) i pszenicę jarą wysiewano w technologii płużnej, z kolei najmniejszą w glebie pobieranej przed siewem pszenicy (termin I), na której międzyplon (gorczyca biała) wysiewany był po podorywce (6). W badaniach Małeckiej i in. (2012) zaobserwowano istotny wpływ systemów uprawy roli na liczebność mikroorganizmów w glebie, głównie w wierzchniej jej warstwie. Istotnie najwyższą ich liczbę odnotowano po wykonaniu siewu bezpośredniego, najmniejszą natomiast w systemie płużnym. Gleba pochodząca z obiektów z siewem bezpośrednim charakteryzowała się zwiększoną o 10,1% ogólną liczbą bakterii i o 63,1% grzybów w porównaniu do uprawianej w technologii konwencjonalnej. Według Frąc i in. (2011) gleba w konwencjonalnym systemie uprawy charakteryzowała się niższą liczebnością bakterii. Przeprowadzone przez nich badania wykazały, że gleba pod pszenicą uprawianą w systemie ekologicznym charakteryzowała się również większą liczebnością grzybów. Podobne wyniki badań zostały opublikowane przez Martyniuka i in. (2001). Autorzy ci wykazali, że liczebność bakterii i grzybów była wyższa w glebie uprawianej w systemie ekologicznym i niezależnie od systemu produkcji liczebność bakterii i grzybów była mniejsza w warstwie gleby 10–20 cm niż 0–10 cm. Wyniki badań związane są z wykorzystaniem przez mikroorganizmy materii organicznej wprowadzonej do gleby wraz z resztkami pożywnymi w wyniku zastosowanego zmianowania.

Liczebność badanych grup drobnoustrojów była również istotnie zróżnicowana przez fazę rozwojową pszenicy jarej (tab. 5 i 6). Najwyższą liczebność bakterii oraz grzybów odnotowano latem w fazie końca kłoszenia pszenicy (termin IV), natomiast najmniejszą wiosną przed jej siewem (termin I). Jest to najprawdopodobniej związane z tym, że wydzieliny korzeni w trakcie wegetacji rośliny są źródłem pokarmu dla drobnoustrojów, szczególnie bytujących w ryzosferze. Podobne zależności obserwowano

Tabela 4. Aktywność proteazy [μg tyrozyny $\cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s.m.} \cdot \text{h}^{-1}$] w glebie w zależności od sposobu uprawy międzyplonu i wysiewu pszenicy jarej

Table 4. Protease activity [μg tyrosine $\text{g}^{-1} \text{DM h}^{-1}$] in the soil depends on tillage system under catch crop cultivation and spring wheat sowing.

Obiekty [#] Treatments [#]	Termin pomiarów ^x Measurement term ^x				
	I	II	III	IV	V
1	0,18 cde	0,07 de	0,08 c	0,24 bc	0,17 e
2	0,13 e	0,08 de	0,11 bc	0,15 de	0,2d e
3	0,11 e	0,05 e	0,10 bc	0,13 e	0,16 e
4	0,14 de	0,12 cde	0,15 b	0,17 cde	0,28 cd
5	0,21 bc	0,18 bc	0,15 b	0,24 bcd	0,27 cd
6	0,22 bc	0,14 cd	0,12 bc	0,44 a	0,28 cd
7	0,29 a	0,26 b	0,08 c	0,44 a	0,65 a
8	0,26 ab	0,26 b	0,12 bc	0,52 a	0,37 bc
9	0,32 a	0,37 a	0,31 a	0,47 a	0,46 b
10	0,21 bcd	0,24 b	0,11 bc	0,29 b	0,30 cd

Objaśnienia jak pod tabelą 2

Explanations as in Table 2

Tabela 5. Liczebność bakterii w glebie [$\text{Jtk} \cdot 10^5 \cdot \text{g}^{-1}$ s.m. gleby] w zależności od sposobu uprawy międzyplonu i wysiewu pszenicy jarej

Table 5. Numbers of bacteria in the soil [$\text{cfu} 10^5 \text{ g}^{-1}$ DM of soil] depends on tillage system under catch crop cultivation and spring wheat sowing.

Obiekty [#] Treat- ments [#]	Termin pomiarów ^x Measurements term ^x				
	I	II	III	IV	V
1	8,42 e	30,11 de	10,90 f	51,00 cd	11,68 e
2	14,16 cd	26,20 e	79,71 a	108,20 a	17,24 d
3	62,02 a	20,22 f	19,42 e	81,83 ab	9,44 f
4	44,83 b	26,44 e	21,73 e	34,33 cd	49,21 a
5	8,09 e	33,34 cd	67,10 b	24,41 d	12,81 e
6	3,03 f	62,95 a	56,45 c	54,31 bc	28,71 b
7	10,11 de	60,63 a	35,22 d	36,37 cd	12,27 e
8	10,79 de	43,79 b	79,35 a	34,89 cd	9,79 f
9	9,77 de	37,70 c	56,19 c	62,40 bc	24,92 c
10	18,54 c	20,19 f	21,54 e	52,34 cd	16,52 d

Objaśnienia jak pod tabelą 2

Explanations as in Table 2

Tabela 6. Liczebność grzybów w glebie [$\text{Jtk} \cdot 10^4 \cdot \text{g}^{-1}$ s.m. gleby] w zależności od sposobu uprawy międzyplonu i wysiewu pszenicy jarej

Table 6. Numbers of fungi in the soil [$\text{cfu} 10^4 \text{ g}^{-1}$ DM of soil] depends on tillage system under catch crop cultivation and spring wheat sowing.

Obiekty [#] Treat- ments [#]	Termin pomiarów ^x Measurement term ^x				
	I	II	III	IV	V
1	1,68 a	0,39 c	9,88 e	11,69 c	1,88 bc
2	0,67 b	0,00 c	15,94 c	18,68 b	2,62 b
3	0,67 b	0,00 c	12,27 d	21,70 a	2,64 b
4	0,00 b	0,00 c	21,04 a	4,60 fg	3,07 b
5	0,00 b	2,68 b	17,73 b	3,59 gh	1,13 c
6	0,00 b	5,79 a	14,80 c	2,57 h	2,27 b
7	0,00 b	5,79 a	5,87 f	5,82 ef	2,24 b
8	0,00 b	0,38 c	14,36 c	6,24 e	4,14 a
9	0,00 b	0,00 c	14,31 c	11,82 c	4,53 a
10	0,00 b	0,00 c	14,70 c	10,02 d	0,75 dc

Objaśnienia jak pod tabelą 2

Explanations as in Table 2

we wcześniejszych badaniach Natwy i in. (2010) dotyczących analizy gleby w uprawie kukurydzy przy zróżnicowanym nawożeniu azotem.

Bardziej przydatną miarą urodzajności gleby niż liczebność mikroorganizmów jest jej aktywność enzymatyczna, która zmienia się również w zależności od właściwości fizycznych, chemicznych oraz głębokości profilu glebowego (Koper, Piotrowska, 1996). Aktywność enzymatyczna ma wpływ na biochemiczną mineralizację związków or-

ganicznych, a w konsekwencji dostarczanie roślinom niezbędnych makro- i mikroelementów (Farrel i in., 1994).

WNIOSKI

1. Zastosowanie siewu bezpośredniego zwiększyło liczebność mikroorganizmów (ogólną ilość bakterii i grzybów) oraz aktywność enzymów w glebie (dehydrogenaz, fosfatazy kwaśnej i proteaz) w stosunku do uprawy płuznej.

2. Najmniejszą liczebność drobnoustrojów w trakcie sezonu wegetacyjnego zaobserwowano w glebie przed siewem pszenicy jarej, a największą w fazie końca kłoszenia.

3. Najniższą aktywność badanych enzymów stwierdzono w próbkach gleby pobieranych w fazie 2–3 liści, a najwyższą po zbiorze pszenicy.

PIŚMIENNICTWO

- Alvear M., Rosas A., Rouanet J.L., Borie F., 2005.** Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. *Soil Till. Res.*, 82: 195-202.
- Bielińska E. J., Mocek-Plóćiniak A., 2012.** Wpływ systemu uprawy na aktywność enzymatyczną gleby. *Arch. Environ. Prot.*, 38(1): 75-82.
- Derpsch R., Friedrich T. 2009.** Development and Current Status of No-till Adoption in the World. ss. 1-13. W: *Proceedings on CD, 18th Triennial Conference of the International Soil Tillage Research Organization (ISTRO)*. June 15–19, Izmir, Turkey, 2009.
- Farrell R.E., Gupta V.V.S.R., Germida J.J., 1994.** Effects of cultivation on the activity and kinetics of arylsulfatase in Saskatchewan soils. *Soil Biol. Biochem.*, 26: 1033-1040.
- Frać M., Lipiec J., Rutkowska A., Oszust K., Póltorak M., 2011.** Właściwości mikrobiologiczne gleby pod uprawą pszenicy ozimej w systemach ekologicznym i konwencjonalnym. *Acta Agrophys.*, 18(2): 245-254.
- Gajda A.M., Martyniuk S., Stachyra A., Wróblewska B., Zięba S., 2000.** Relations between microbiological and biochemical properties of soil under different agrotechnical conditions and its productivity. *Pol. J. Soil Sci.*, 33: 50-55.
- Gajda A., Martyniuk S., 2005.** Microbial biomass C and N and activity of enzymes in soil under winter wheat grown in different crop management systems. *Pol. J. Environ. Stud.*, 14(2): 159-163.
- Gajda A., M., Przewłoka B., Gawryjolek K., 2010.** Ocena oddziaływania systemu uprawy roli na środowisko glebowe na podstawie zmian parametrów mikrobiologicznej aktywności gleby. *Nauka Przyr. Technol.*, 4(6): 1-11.
- Koper J., Piotrowska A., 1996.** Aktywność enzymatyczna gleby płowej w zależności od uprawy roślin w zmianowaniu i monokulturze. *Rocz. Glebozn.*, 57(3/4): 89-100.
- Ladd N., Butler J.H.A., 1972.** Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. *Soil Biol. Biochem.*, 4: 19-30.
- Małecka I. Swędryńska D., Bleharczyk A., Dytman-Hagedon M., 2012.** Wpływ systemów uprawy roli pod groch na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby. *Fragm. Agron.*, 29(4): 106-116.

- Marinari S., Mancinelli R., Campligia E., Grego S., 2006.** Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in central Italy. *Ecol. Indic.*, 6: 701-711.
- Martyniuk S., Gajda A., Kuś J., 2001.** Microbiological and biochemical properties of soils under cereals grown in the ecological, conventional and integrated system. *Acta Agrophys.*, 52: 185-192.
- Natywa M., Sawicka A., Wolna-Maruwka A., 2010.** Aktywność mikrobiologiczna i enzymatyczna gleby pod uprawą kukurydzy w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem. *Woda Środ. Obsz. Wiejs.*, 2(30): 111-120.
- Quemada M., Menacho E. 2001.** Soil respiration 1 year after sewage sludge application. *Biol. Fertil. Soils*, 33: 344-346.
- Tabatabai M.A., Bremner J.M. 1969.** Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.*, 1: 301-307.
- Thalman A. 1968.** Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenase Aktivität in Boden Mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirsch. Forsch.*, 21: 249-284.

M. Pocijowska, M. Natywa, L. Majchrzak, T. Cłapa, M. Selwet

EFFECT OF SITE PREPARATION FOR SPRING WHEAT
ON THE NUMBER OF MICROORGANISMS AND BIOCHEMICAL
ACTIVITY OF SOIL

Summary

The study was conducted in 2012 on experimental plots in the Experimental and Educational Research Station in Brody, which belongs

to the University of Life Sciences in Poznań. Their aim was to investigate the effect of different stubble crop combinations and seedbed preparation methods for spring wheat on total number of microorganism (bacteria and fungi) and enzymatic activity: dehydrogenase, acid phosphatase and protease in soil. During the growing season five times (before sowing, during 2–3 tillerings BBCH 22-23, during shooting BBCH 30-31, at the end of heading phase BBCH 59, after wheat harvest) soil samples were taken to determine total number of microorganisms and biochemical activity. Results of assays were analysed statistically using the Statistica 8.0 programme. Tukey's test was applied (at the significance level $\alpha = 0.05$) to determine the significance of differences between values of analysed parameters from different combinations. The applied soil tillage system was found to exert a significant influence on the number of microorganisms and their enzymatic activity (dehydrogenase was in the range 0.07–0.90 $\mu\text{mol TPF g}^{-1} \text{DM of soil 24 h}^{-1}$, acid phosphatase 0.36–4.79 $\mu\text{mol PNP g}^{-1} \text{DM of soil 24 h}^{-1}$ and protease 0.05–0.65 $\mu\text{g tyrosine g}^{-1} \text{DM h}^{-1}$). The impact of the technologies used for cultivation of the soil and their values were generally higher in soil under spring wheat grown in the technology simplified and direct seeding than those obtained in the soil cultivated in a traditional tillage way using a plow. The total number of bacteria in the soil from direct sowing treatments was higher by 10.1%, and that of fungi by 63.1% compared to the conventional seedbed preparation treatment.

key words: soil microorganisms, soil enzymes, soil tillage systems, spring wheat