

## WPLYW SYSTEMÓW UPRAWY ROLI POD GROCH NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE, CHEMICZNE I BIOLOGICZNE GLEBY\*

IRENA MALECKA<sup>1</sup>, DOROTA SWĘDRZYŃSKA<sup>2</sup>, ANDRZEJ BLECHARCZYK<sup>1</sup>,  
MARZENA DYTMAN-HAGEDORN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra Agronomii, <sup>2</sup>Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

**Synopsis.** Badania przeprowadzono na glebie płowej o składzie granulometrycznym piasków gliniastych lekkich i mocnych. Czynnikiem badawczym były trzy warianty uprawy roli pod groch: uprawa tradycyjna, uprawa uproszczona i siew bezpośredni w ściernisko. Wieloletnia uprawa uproszczona i siew bezpośredni prowadzą do zmian właściwości fizycznych, głównie w powierzchniowej warstwie gleby (0–10 cm). Rezultatem stosowania tych systemów uprawowych było zwiększenie wilgotności, gęstości objętościowej i zwięzłości gleby oraz zmniejszenie kapilarnej pojemności wodnej w porównaniu do tradycyjnej uprawy roli. Uprawa uproszczona i siew bezpośredni, w porównaniu do uprawy płuznej, spowodowały wzrost zawartości węgla organicznego i azotu ogólnego, a ponadto przyswajalnego potasu i magnezu oraz obniżenie zawartości przyswajalnego fosforu w powierzchniowej warstwie gleby (0–10 cm). Uprawa uproszczona przyczyniła się do zwiększenia zawartości węgla organicznego o 30,4%, natomiast siew bezpośredni o 37,3% w odniesieniu do uprawy płuznej. Odnotowano ponadto wzrost pH gleby w warstwie 0–10 cm w bezorkowych systemach uprawowych, najprawdopodobniej na skutek akumulacji resztek roślinnych w powierzchniowej warstwie gleby. Wyniki badań potwierdzają istotny wpływ zredukowanej uprawy roli na wzrost biologicznej aktywności gleby w jej powierzchniowej warstwie. Obserwowano większą liczebność mikroorganizmów glebowych w uproszczonej uprawie roli i w siewie bezpośrednim niż w tradycyjnej uprawie roli. Ponadto stosowanie uprawy płuznej spowodowało obniżenie aktywności fosfatazy kwaśnej o 36,4% i dehydrogenazy o 100,0% w warstwie gleby 0–10 cm w porównaniu do gleby w siewie bezpośrednim. Poprzez wpływ uprawy na właściwości biologiczne gleby możemy poprawić naturalny obieg składników pokarmowych.

**Słowa kluczowe** – *key words*: systemy uprawy roli – *tillage systems*, właściwości fizyko-chemiczne gleby – *physico-chemical soil properties*, liczebność mikroorganizmów – *microbial population*, aktywność enzymatyczna – *enzymatic activities*

### WSTĘP

Uprawa roli ma duże znaczenie w zakresie zapewnienia prawidłowych warunków podczas siewu oraz wzrostu i rozwoju roślin rolniczych. Osiąga się to poprzez zoptymalizowanie właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleby. Tradycyjna uprawa polega na wykonaniu orki, wspomaganą innymi narzędziami przygotowującymi glebę do siewu. Takie podejście prowadzi do całkowitego przykrycia resztek roślinnych po roślinie przedplonowej. Wiele badań

\* Praca została przygotowana w ramach programu wieloletniego „Ulepszenie krajowych źródeł białka roślinnego, ich produkcji, systemu obrotu i wykorzystania w paszach”. Obszar 3: Nowe trendy w agrotechnice roślin strączkowych i sposoby zwiększania opłacalności uprawy.

wskazuje, że orka może prowadzić do negatywnych skutków, w tym zaskorupiania gleby, degradacji struktury, erozji, wolniejszego tempa pracy oraz większego zużycia paliwa [Dzienia i in. 2006, Holland 2004, Morris i in. 2010]. Stąd też w świecie rośnie zainteresowanie rolników różnymi rozwiązaniami ograniczającymi mechaniczną ingerencję w glebie. Najbardziej popularna staje się uprawa uproszczona (bezorkowa), w której następuje inkorporacja resztek roślinnych w powierzchniowej warstwie, lecz ich część pozostaje na powierzchni gleby. W innej metodzie uprawy bezorkowej, można całkowicie zrezygnować z zabiegów uprawowych od zbioru przedplonu do siewu rośliny następczej, a siew wykonywany jest specjalistycznymi siewnikami, najczęściej o redlicach talerzowych. Takie rozwiązanie, w którym pozostawiamy wszystkie resztki roślinne na powierzchni pola, nazywany jest siewem bezpośrednim lub uprawą zerową. Systemy uprawy bezorkowej oferują rolnikom szybkie przygotowanie roli do siewu, a co za tym idzie umożliwiają zachowanie terminowości zabiegów i wysiewu roślin uprawnych, które mają znaczenie w uzyskiwaniu wysokich plonów. Ponadto systemy te mogą pomóc w zmniejszeniu kosztów uprawy danej rośliny poprzez potencjalnie niższe zużycie paliwa oraz wyższe tempo pracy. W efekcie końcowym można oczekiwać poprawy efektywności gospodarowania.

Pozostawiane resztki roślinne na powierzchni pola mają duże znaczenie w ograniczeniu erozji, co prowadzi do mniejszego ryzyka skażenia środowiska naturalnego [Holland 2004, Morris i in. 2010], a minimalne wzruszanie gleby w połączeniu ze stałym dostarczaniem resztek roślinnych stwarzają sprzyjające warunki dla rozwoju organizmów glebowych i naziemnych [Green i in. 2007, Lenart i Sławiński 2010, Kladivko 2001, Melero i in. 2011, Qin i in. 2010] oraz ochrony materii organicznej przed szybką mineralizacją [Dzienia i in. 2001, Franzluebbers 2002, Lopez-Fando i Pardo 2009]. Resztki roślinne mogą również pełnić ważne funkcje poprawiając strukturę i stabilność gleby oraz zawartość węgla organicznego, które z kolei mogą modyfikować właściwości fizyczne gleby [Blecharczyk i in. 2007, Boydaś i Turgut 2007, Husnjak i in. 2002, Melero i in. 2011, Raczkowski i in. 2012, Rahman i in. 2008]. Obniżenie kosztów produkcji i ochrona gleby stanowią obecnie kluczowe zagadnienie we współczesnym rolnictwie.

Celem podjętych badań było poznanie wpływu różnych sposobów uprawy roli pod groch na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2010–2011 w oparciu o statyczne doświadczenie polowe założone w 1999 roku w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Brody (52°26' N, 16°17' E) należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Doświadczenie założono jako jednoczynnikowe, w czterech powtórzeniach polowych. Zlokalizowano je na glebie płowej o składzie granulometrycznym piasków gliniastych lekkich i mocnych. Glebę pola doświadczalnego zaliczono do klasy bonitacyjnej IIIb–IVa, kompleksu żyniego bardzo dobrego. Groch odmiany Tarchalska uprawiano w 4-polowym zmianowaniu zbożowym: groch, pszenica ozima, jęczmień jary, pszenżyto ozime. Wielkość poletek wynosiła 25 m<sup>2</sup>.

Czynnikami badawczym były trzy warianty uprawy roli: uprawa tradycyjna (podorywka, orka siewna, uprawa przedsiewna), uprawa uproszczona (agregat ścierniskowy), siew bezpośredni w ściernisko. Siew na obiektach z uprawą uproszczoną oraz siewem bezpośrednim wykonano siewnikiem o redlicach talerzowych firmy Great Plains (USA).

Corocznie jesienią stosowane jest nawożenie mineralne w dawce na 1 ha: P – 35 kg i K – 66 kg. Nawożenie azotem stosowane jest na wiosnę w ilości 40 kg N·ha<sup>-1</sup>. W okresie wegetacji grochu stosowane są herbicydy w celu ograniczenia zachwaszczenia, a ponadto insektycydy przeciwko szkodnikom.

Pomiary fizycznych właściwości gleby przeprowadzano corocznie w fazie wypuszczania wąsów czepnych u grochu (BBCH 31–32). W tym celu z warstw gleby 0–10 i 10–20 cm pobrano glebę w nienaruszonym układzie cylinderkami o objętości 100 cm<sup>3</sup>, w której po zważeniu, wysuszeniu w temperaturze 105°C i ponownym zważeniu określono wilgotność i gęstość objętościową. Następnie cylinderki ustawiono na podsiąkanie w wodzie w czasie 48 godz., w celu określenia kapilarnej pojemności wodnej. Zwięzłość gleby oznaczono w polu za pomocą ręcznego penetrometru z elektronicznym zapisem danych firmy Eijkelkamp umożliwiającym ciągły rejestr zwięzłości w profilu gleby co 1 cm.

Próbki gleby do analiz chemicznych pobierano w każdym roku badań po zbiorze grochu z dwóch głębokości 0–10 i 10–20 cm. W materiale glebowym oznaczono w laboratorium Katedry Agronomii powszechnie stosowanymi metodami odczyn gleby oraz zawartość C organicznego, N ogólnego oraz przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu.

Oznaczenia biologiczne gleby wykonano w laboratorium Katedry Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu. Analizy mikrobiologiczne oparto na wykonaniu oznaczeń liczebności wybranych grup drobnoustrojów glebowych w fazie GS 31–32 w warstwach 0–10 i 10–20 cm. W badaniach uwzględniono 6 grup drobnoustrojów glebowych (ogólną liczebność bakterii, grzyby, promieniowce, mikroorganizmy kopiotroficzne i oligotroficzne oraz bakterie *Azotobacter* sp.). Oznaczenia liczebności drobnoustrojów przeprowadzono w standardowej metodzie płytkowej. Badania biochemiczne polegały na oznaczeniu aktywności enzymatycznej gleby ryzosferowej w zakresie dehydrogenaz i fosfatazy kwaśnej, z zastosowaniem spektrofotometru NOVASPEC II.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Badane właściwości fizyczne gleby były w różny sposób modyfikowane przez systemy uprawy roli (tab. 1). Zastąpienie orki uprawą powierzchniową z użyciem agregatu ścierniskowego,

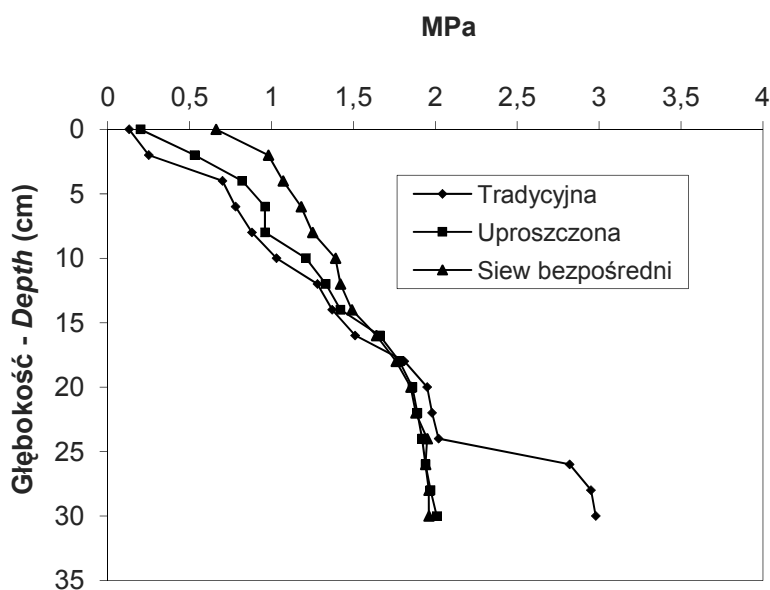
Tabela 1. Wilgotność, gęstość objętościowa gleby oraz kapilarna pojemność wodna w zależności od systemów uprawy roli (średnio 2010–2011)

Table 1. Water content, bulk density and capillary water capacity depending on tillage systems (mean of 2010–2011)

System uprawy roli <i>Tillage systems</i>	Wilgotność gleby <i>Water content</i> (% v/v)		Gęstość objętościowa <i>Bulk density</i> (g·cm <sup>-3</sup> )		Kapilarna pojemność wodna <i>Capillary water capacity</i> (%)	
	warstwa gleby – soil layer (cm)					
	0–10	10–20	0–10	10–20	0–10	10–20
Tradycyjny <i>Conventional</i>	15,3	17,9	1,46	1,66	37,6	30,2
Uproszczone <i>Reduced</i>	17,2	19,8	1,54	1,57	34,8	31,9
Siew bezpośredni <i>Direct drilling</i>	19,5	20,3	1,61	1,59	31,2	32,3
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	1,15	1,64	0,05	0,06	1,24	1,25

a szczególnie siewem bezpośrednim spowodowało istotny wzrost wilgotności gleby w warstwie 0–10 i 10–20 cm. W siewie bezpośrednim parametr ten był wyższy o 27,5% w warstwie 0–10 cm i o 13,4% na głębokości 10–20 cm w porównaniu wilgotności na obiektach z tradycyjną uprawą roli. Wilgotność gleby w obu analizowanych warstwach w uproszczonej uprawie roli przewyższała stwierdzoną w siewie bezpośrednim, jakkolwiek w warstwie 10–20 cm różnica ta nie została potwierdzona statystycznie. Systemy bezorkowe miały wpływ na zwiększenie gęstości objętościowej gleby w warstwie 0–10 cm średnio o 7,9% w odniesieniu do uprawy orkowej, natomiast w warstwie 10–20 cm zależności te były odwrotne. Kapilarna pojemność wodna w powierzchniowej warstwie gleby była istotnie większa, a w warstwie 10–20 cm istotnie mniejsza w tradycyjnej uprawie roli, niż na obiektach z uproszczoną uprawą roli, a szczególnie z siewem bezpośrednim.

Zwięzłość gleby w warstwie 0–10 cm była mniejsza w tradycyjnej uprawie roli niż w uprawie uproszczonej i siewie bezpośrednim (rys. 1). W profilu glebowym od 10–20 cm różnice w zwięzłości gleby pomiędzy systemami uprawowymi ulegały zmniejszeniu, natomiast poniżej 20 cm obserwowano większe wartości tego parametru w tradycyjnej uprawie roli, niż w wariantach uprawy bezorkowej.



Rys. 1. Zwięzłość gleby w zależności od systemów uprawy roli (średnio 2010–2011)  
 Fig. 1. Soil compaction depending on tillage systems (mean of 2010–2011)

W wielu badaniach porównujących systemy uprawy tradycyjnej z uprawą bezorkową i siewem bezpośrednim stwierdzono wzrost zagęszczenia układu gleby, a tym samym zwiększenie gęstości objętościowej gleby, zwięzłości i wilgotności oraz obniżenie kapilarnej pojemności wodnej w warstwie ornej [Blecharczyk i in. 2007, Boydaś i Turgut 2007, Dzienia i in. 2006, Husnjak i in. 2002, Małecka i in. 2007, Morris i in. 2010, Raczkowski i in. 2012, Rahman i in. 2008, Włodek i in. 2007]. Większa wilgotność gleby w systemach bezorkowych jest niezmiar-

nie istotna w latach o niedoborach opadów, gdyż ogranicza skutki suszy. Zbliżone rezultaty uzyskano w badaniach własnych. Doświadczenia wieloletnie wskazują jednak, że po wielu latach stosowania systemów bezorkowych następuje znaczna poprawa właściwości fizycznych gleby spowodowana działaniem fauny glebowej, czego efektem jest tworzenie się biogennych porów, w większości o pionowym kierunku przebiegu [Anken i in. 2004, Holland 2004, Lenart i Sławiński 2010, Morris i in. 2010]. W takiej sytuacji, mimo wzrostu gęstości warstwy powierzchniowej, zazwyczaj zauważanej w glebie nie uprawianej, warunki wymiany gazowej i przepuszczalność wodna nie pogarszają się. Ponadto w systemach bezorkowych likwidacji ulega podeszwa płuzna i następuje wyrównanie oporu penetracji w dolnej strefie profilu glebowego, co potwierdzają wyniki zwięzłości w badaniach własnych, w których w warstwie poniżej 20 cm parametr ten był większy w tradycyjnej uprawie roli niż w obu wariantach uprawy bezorkowej. Zwięzłość gleby może mieć znaczący wpływ na penetrację przez korzenie zarówno w systemach orkowych jak i bezorkowych, gdyż zależy ona od obecności porów w glebie wystarczająco szerokich do przyjęcia ich i o wystarczającej ciągłości zapewniającej rozwój długich systemów korzeniowych. Ryzyko wzrostu gęstości gleby w tradycyjnej uprawie roli wzrosło przez stosowany nowoczesny, ciężki sprzęt i wykonywanie orki w mokrych warunkach. Tworzona zagęszczona warstwa spowalnia wzrost korzeni, prowadząc do ograniczenia wzrostu roślin i wyższej ich podatności na suszę. Pozostające resztki roślinne na powierzchni pola w systemach bezorkowych poprawiają ponadto nośność gleby i przeciwdziałają zaskorupianiu, co z kolei ogranicza spływy powierzchniowe i zwiększa pojemność wodną gleby. Jest to niezmiernie istotne w okresach bezdeszczowych, gdyż rośliny mają lepsze zaopatrzenie w wodę niż w systemach orkowych [Morris i in. 2010].

W systemach bezorkowych nie stosuje się odwracania gleby, w związku z czym obserwuje się zwiększanie ilości resztek roślinnych w powierzchniowej warstwie. Prowadzi to do nierównomiernego rozmieszczenia składników pokarmowych w profilu glebowym, a więc obserwuje się zmiany we właściwościach chemicznych gleby. W badaniach własnych po 11 latach pH gleby w warstwie powierzchniowej było niższe w uproszczonej uprawie roli o 0,41 jednostki i o 0,46 jednostki w siewie bezpośrednim w porównaniu do tradycyjnej uprawy roli (tab. 2). W warstwie 10–20 cm parametr ten kształtował się na zbliżonym poziomie we wszystkich wariantach uprawowych. Ponadto zauważyć można podobną wartość pH gleby w obu analizowanych warstwach w tradycyjnej uprawie roli, natomiast w wariantach uprawy bezorkowej nieznacznie niższą w powierzchniowej warstwie (0–10 cm) w porównaniu do warstwy głębszej (10–20 cm). Tendencję do wyższej kwasowości warstwy powierzchniowej gleby w systemach uprawy bezorkowej niż w tradycyjnej uprawie roli odnotowali również w swoich badaniach Limousin i Tessier [2007], Lopez-Fando i Pardo [2009] oraz Thomas i in. [2007], przypisując to różnicy w procesie mineralizacji substancji organicznej, koncentracji składników pokarmowych, głównie azotu oraz wydzielin korzeniowych.

Wśród efektów, które niosą z sobą różne warianty uprawowe obserwuje się zwiększenie zawartości C organicznego i N ogólnego w powierzchniowej warstwie gleby w uproszczonej uprawie roli i siewie bezpośrednim w porównaniu do tradycyjnej uprawy roli. W badaniach własnych w warstwie gleby 0–10 cm odnotowano wzrost zawartości C organicznego i N ogólnego odpowiednio o 30,4 i 21,4% w uproszczonej uprawie roli i o 37,3 i 27,6% w siewie bezpośrednim w odniesieniu do uprawy płuznej (tab. 2). W warstwie gleby 10–20 cm zawartość C organicznego i N ogólnego była na zbliżonym poziomie we wszystkich wariantach uprawowych. Kierunek zmian jest zgodny z rezultatami innych autorów [Lopez-Fando i Pardo 2009, Limousin i Tessier 2007, Martin-Rueda i in. 2007, Shi i in. 2012, Thomas i in. 2007]. Autorzy wskazują, iż większa zawartość C organicznego i N ogólnego w glebie nie oranej jest wynikiem wolniejszej mineralizacji substancji organicznej oraz mniejszej aeracji gleby. Zawartość

Tabela 2. Chemiczne właściwości gleby w zależności od systemów uprawy roli (średnio 2010–2011)  
 Table 2. Soil chemical properties depending on tillage systems (mean of 2010–2011)

Parametr <i>Parameter</i>	System uprawy roli <i>Tillage systems</i>	Warstwa gleby (cm) <i>Soil layer (cm)</i>	
		0–10	10–20
pH – 1 M KCl	TR*	6,69	6,71
	UPR	6,28	6,73
	SB	6,23	6,74
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,37	r.n.
C organiczny – <i>Organic C</i> g·kg <sup>-1</sup> gleby – <i>soil</i>	TR	9,08	9,01
	UPR	11,84	8,97
	SB	12,47	8,83
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,62	r.n.
N ogólny – <i>Total N</i> g·kg <sup>-1</sup> gleby – <i>soil</i>	TR	0,98	0,97
	UPR	1,19	0,94
	SB	1,25	0,91
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,12	r.n.
C/N	TR	9,3	9,3
	UPR	9,9	9,5
	SB	10,0	9,7
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	0,31	r.n.
P g·kg <sup>-1</sup> gleby – <i>soil</i>	TR	215	202
	UPR	203	215
	SB	210	207
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	r.n.	r.n.
K g·kg <sup>-1</sup> gleby – <i>soil</i>	TR	166	176
	UPR	237	159
	SB	297	161
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	21,0	13,2
Mg g·kg <sup>-1</sup> gleby – <i>soil</i>	TR	40,2	39,8
	UPR	49,9	30,2
	SB	53,5	29,7
	NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	5,1	3,9

TR\* – tradycyjny – *conventional*, UPR – uproszczony – *reduced*, SB – siew bezpośredni – *direct drilling*  
 r.n. – różnica nieistotna – *non significant differences*

substancji organicznej oraz jej tempo mineralizacji wpływa również na zawartość makroelementów w glebie. Akumulacja resztek roślinnych w powierzchniowej warstwie gleby sprzyja również większej koncentracji P, K i Mg w uproszczonej uprawie roli i siewie bezpośrednim niż w tradycyjnej uprawie roli [Blecharczyk i in. 2007, Dzienia i in. 2001, Lopez-Fando i Pardo 2009, Kraska 2011, Martin Rueda i in. 2007]. Wyniki badań własnych nie w pełni potwierdzają rezultaty innych autorów, ponieważ nie uzyskano podobnych rezultatów w odniesieniu do przy-

swajalnego fosforu; zawartość tego składnika w glebie była podobna na wszystkich obiektach uprawowych. Z kolei Kraska [2011] odnotował w swoich badaniach niższą zawartość fosforu w glebie, na której stosowano uprawę powierzchniową w odniesieniu do uprawy płuźnej. Odmienne rezultaty w odniesieniu do fosforu można wiązać z bardzo wysoką jego zasobnością w glebie w ZDD Brody. Zawartość tego składnika była ponad 2-krotnie wyższa, niż ustalona dla gleb mineralnych dla kategorii zasobności bardzo wysokiej.

Wiele badań wskazuje na pozytywny efekt uprawy bezorkowej, szczególnie siewu bezpośredniego, na właściwości biologiczne gleby w porównaniu do tradycyjnej uprawy roli [Holland 2004, Klavivko 2001]. Ograniczenie ingerencji w układ gleby zmniejsza tempo mineralizacji substancji organicznej zwiększając zawartość C organicznego w glebie, a to pociąga za sobą poprawę struktury, aeracji i infiltracji gleby. Te pozytywne zmiany jakości gleby przyczyniają się do wzrostu liczebności i aktywności mikroorganizmów glebowych [Brussaard i in. 2007, Doran i in. 1998, Green i in. 2007, Lupwayi i in. 2001, Madejon i in. 2007, Melero i in. 2011, Morris i in. 2010, Rahman i in. 2008]. Z kolei organizmy glebowe w zależności od uprawy roli indukują zmiany w środowisku glebowym i mają również wpływ na właściwości fizyko-chemiczne gleby. Ponadto odgrywają one podstawową rolę w obiegu składników pokarmowych oraz w rozkładzie substancji organicznej w glebie.

W prezentowanych badaniach obserwowano również istotny wpływ systemów uprawy roli na liczebność mikroorganizmów w glebie, głównie w jej wierzchniej warstwie (tab. 3). Istotnie najwyższą ich liczbę odnotowano w siewie bezpośrednim, najmniejszą natomiast w tradycyjnej uprawie roli. Odejście od uprawy płuźnej na rzecz uprawy uproszczonej skutkowało zwiększeniem w warstwie gleby 0–10 cm ogólnej liczby bakterii o 10,1%, grzybów o 63,1%, promieniowców o 59,0%, oligotrofów o 64,7% i kopiotrofów o 66,9%, w odniesieniu do tradycyjnej uprawy roli. Zaprzestanie całkowitej ingerencji w uprawę i zastosowanie tzw. siewu bezpośredniego wzbogaciło liczebność mikroorganizmów jeszcze w większym stopniu. I tak, ogólna liczba bakterii, grzybów, promieniowców, oligotrofów i kopiotrofów była większa, odpowiednio o 74,3; 86,9; 165,8; 209,8 i 134,0% niż w tradycyjnej uprawie roli. Odwrotne zależności odnotowano w odniesieniu do liczebności bakterii azotobakter, której liczebność obniżyła się w wierzchniej warstwie gleby w uproszczonej uprawie roli o 13,7%, natomiast w siewie bezpośrednim aż 7-krotnie w porównaniu do gleby w uprawie płuźnej. Bakteria ta jest typowym tlenowcem i może negatywnie reagować na zagęszczenie układu gleby, a tym samym pogorszenie warunków tlenowych, co ma często miejsce w uprawie bezorkowej, a ponadto jest ona również wrażliwa na zakwaszenie gleby.

Analizując warstwę gleby 10–20 cm można odnotować mniej jednoznaczne zależności liczebności mikroorganizmów od systemów uprawy roli. Istotnie największą ogólną liczebność bakterii, grzybów i promieniowców stwierdzono w tradycyjnej uprawie roli, bakterii azotobakter oraz kopiotrofów w siewie bezpośrednim, natomiast w odniesieniu do liczebności oligotrofów nie było istotnego oddziaływania systemów uprawy roli. Odmienne zależności w głębszych warstwach gleby niż w powierzchniowych, pomiędzy liczebnością mikroorganizmów a systemami uprawy roli odnotowali również w swoich badaniach Franzluebbbers [2002] i Melero i in. [2011], tłumacząc to głównie różnicą w zawartości C organicznego.

Zdaniem niektórych autorów bardziej przydatną miarą urodzajności gleby niż oznaczenie liczebności mikroorganizmów jest aktywność enzymatyczna, która zmienia się również w zależności od właściwości fizycznych, chemicznych oraz głębokości profilu glebowego [Koper i Piotrowska 1996]. Aktywność enzymatyczna ma wpływ na wielkość biochemicznej mineralizacji związków organicznych i w konsekwencji dostarczanie składników odżywczych dla roślin [Farrel i in. 1994]. W przeprowadzonych badaniach analiza wariancji wykazała istotne różnice w poziomie aktywności oznaczanych enzymów w zależności od systemów uprawy roli

Tabela 3. Liczebność mikroorganizmów glebowych w zależności od systemu uprawy roli (średnio 2010–2011)  
 Table 3. Soil microbial population depending on tillage systems (mean of 2010–2011)

System uprawy roli Tillage systems	Warstwa gleby Soil layer (cm)	Ogólna liczba bakterii Total bacterial counts szt.x10 <sup>5</sup> .g <sup>-1</sup> s.m. gleby cfu x 10 <sup>5</sup> .g <sup>-1</sup> d.m. of soil	Azotobakter Azotobacter szt.g <sup>-1</sup> s.m. gleby cfu g <sup>-1</sup> d.m. of soil	Grzyby-Fungi szt.x10 <sup>4</sup> .g <sup>-1</sup> s.m. gleby cfu x 10 <sup>4</sup> .g <sup>-1</sup> d.m. of soil	Promieniowce Actinomycetes szt.x10 <sup>5</sup> .g <sup>-1</sup> s.m. gleby – cfu x 10 <sup>5</sup> .g <sup>-1</sup> d.m. of soil	Oligotrofy Oligotrophic bacteria	Kopiotrofy Coptotrophic bacteria
Tradycyjny Conventional		12,7	9,88	6,24	17,3	15,9	6,76
Uproszczony Reduced	0–10	14,0	8,53	10,18	27,6	42,0	11,28
Siew bezpośredni Direct drilling		22,2	1,39	11,66	46,1	49,1	15,82
NIR <sub>0,05</sub> -LSD <sub>0,05</sub>		1,6	0,86	0,97	3,6	6,2	1,13
Tradycyjny Conventional		24,7	5,83	9,99	27,5	21,4	6,38
Uproszczony Reduced	10–20	11,7	5,13	5,98	12,2	20,7	6,76
Siew bezpośredni Direct drilling		16,3	6,83	6,04	20,5	20,7	16,01
NIR <sub>0,05</sub> -LSD <sub>0,05</sub>		1,6	0,63	0,78	2,2	r.n.	0,98

r.n. – różnica nieistotna – non significant differences



(tab. 4). Stwierdzono wyższą aktywność fosfatazy kwaśnej i dehydrogenazy w glebie pobranej z obiektów z uprawą uproszczoną i siewem bezpośrednim niż z tradycyjną uprawą roli. Istotnie najwyższą aktywnością fosfatazy kwaśnej i dehydrogenazy charakteryzowała się gleba w warstwie 0–10 cm z obiektów z siewem bezpośrednim. Była ona wyższa 50,0% w odniesieniu do gleby z obiektów z uproszczoną uprawą i 100,0% w porównaniu do gleby, na której stosowana była tradycyjna uprawa roli. W warstwie 10–20 cm różnice w aktywności enzymatycznej gleby różnie uprawianej były mniejsze i istotnie najwyższą aktywność fosfatazy kwaśnej była w glebie oranej (tradycyjna uprawa roli), natomiast dehydrogenazy w glebie nie uprawianej (siew bezpośredni). Rezultaty wielu badań wskazują na wyższą enzymatyczną aktywność gleby uprawianej bezorkowo niż z zastosowaniem pługa, szczególnie w jej powierzchniowej warstwie [Bielińska i Mocek-Płóciński 2012, Eivazi i in. 2003, Madejon i in. 2007, Melero i in. 2011, Qin i in. 2010]. Wynika to głównie ze zwiększenia zawartości resztek roślinnych, które stymulują wzrost liczebności mikroorganizmów oraz aktywność enzymatyczną, co potwierdzają wyliczone współczynniki korelacji pomiędzy aktywnością enzymatyczną a zawartością C organicznego w powyższych badaniach.

Tabela 4. Aktywność enzymatyczna gleby w zależności od systemu uprawy roli (średnio 2010–2011)  
Table 4. Soil enzymatic activities depending on tillage systems (mean of 2010–2011)

System uprawy roli <i>Tillage systems</i>	Warstwa gleby <i>Soil layer</i> (cm)	Fosfataza kwaśna <i>Acid phosphatase</i> (mmol PNP kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	Dehydrogenaza <i>Dehydrogenase</i> (mmol TPF kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )
Tradycyjny – <i>Conventional</i>	0–10	0,68	0,03
Uproszczony – <i>Reduced</i>		0,80	0,04
Siew bezpośredni <i>Direct drilling</i>		1,07	0,06
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		0,05	0,01
Tradycyjny – <i>Conventional</i>	10–20	0,72	0,03
Uproszczony – <i>Reduced</i>		0,57	0,03
Siew bezpośredni <i>Direct drilling</i>		0,60	0,07
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		0,04	0,02

## WNIOSKI

1. Systemy bezorkowej uprawy roli, a szczególnie siew bezpośredni sprzyjały zwiększeniu wilgotności i gęstości objętościowej gleby oraz zmniejszeniu kapilarnej pojemności wodnej, szczególnie w warstwie 0–10 cm.
2. Uprawa bezorkowa powodowała wzrost zwięzłości gleby w odniesieniu do uprawy płużnej, jedynie w profilu do głębokości 10 cm.
3. W powierzchniowych warstwach gleby ograniczenia w uprawie roli wywoływały korzystne zmiany podstawowych elementów żyzności gleby.

4. Stosowanie uprawy uproszczonej i siewu bezpośredniego stymulowało wzrost liczebności mikroorganizmów oraz aktywność enzymów w glebie do głębokości 10 cm.

#### LITERATURA

- Anken T., Weisskopf P., Zihlmann U., Forrer H., Jansa J., Perhacova K. 2004. Long-term tillage systems effects under moist cool conditions in Switzerland. *Soil Till. Res.* 78: 171–183.
- Bielińska E.J., Mocek-Płóćiniak A. 2012. Wpływ systemu uprawy na aktywność enzymatyczną gleby. *Arch. Environ. Protect.* 38(1): 75–82.
- Blecharczyk A., Małecka I., Sierpowski J. 2007. Wpływ wieloletniego oddziaływania systemów uprawy roli na fizyko-chemiczne właściwości gleby. *Fragm. Agron.* 24(1): 7–13.
- Boydaś M.G., Turgut N. 2007. Effect of tillage implements and operating speeds on soil physical properties and wheat emergence. *Turk. J. Agric. For.* 31: 399–412.
- Brussaard L., De Ruyter P.C., Brown G.G. 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agric. Ecosyst. Environ.* 121: 233–244.
- Doran J.W., Elliott E.T., Paustian K. 1998. Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil Till. Res.* 49: 3–18.
- Dzienia S., Puzyński S., Wereszczaka J. 2001. Impact of soil cultivation systems on chemical soil properties. *EJPAU, Ser. Agronomy* 4(2), #5.
- Dzienia S., Zimny L., Weber R. 2006. Najnowsze kierunki w uprawie roli i technice siewu. *Fragm. Agron.* 23(2): 227–241.
- Eivazi F., Bayan M.R., Schmidt K. 2003. Selected soil enzyme activities in the historic Sanborn Field as affected by long-term cropping systems. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 34: 2259–2275.
- 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.
- Franzluebbers A.J. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil Till. Res.* 66: 95–106.
- Green V.S., Stott D.E., Cruz J.C., Curi N. 2007. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. *Soil Till. Res.* 92: 114–121.
- Holland J.M. 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agric. Ecosyst. Environ.* 103: 1–25.
- Husnjak S., Filipovic D., Kosutic S. 2002. Influence of different tillage systems on soil physical properties and crop yield. *Rostl. Vyr.* 48: 249–254.
- Kladivko E. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil Till. Res.* 61: 61–76.
- 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.
- Kraska P. 2011. Effect of conservation tillage and catch crops on some chemical properties of rendzina soil. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 10(3): 77–92.
- Lenart S., Sławiński P. 2010. Wybrane właściwości gleby oraz występowanie dżdżownic w warunkach siewu bezpośredniego i późnej uprawy roli. *Fragm. Agron.* 27(4): 86–93.
- Limousin G., Tessier D. 2007. Effect of no-tillage on chemical gradients and topsoil acidification. *Soil Till. Res.* 92: 167–174.
- López-Fando C., Pardo M.T. 2009. Changes in soil chemical characteristics with different tillage practices in a semi-arid environment. *Soil Till. Res.* 104: 278–284.
- Lupwayi N.Z., Arshad M.A., Rice W.A., Clayton G.W. 2001. Bacterial diversity in water-stable aggregates of soils under conventional and zero tillage management. *Appl. Soil Ecol.* 16: 251–261.
- Madejón E., Moreno F., Murillo J.M., Pelegrin F. 2007. Soil biochemical response to long-term conservation tillage under semi-arid Mediterranean conditions. *Soil Till. Res.* 94: 346–352.
- Małecka I., Blecharczyk A., Dobrzeńcki T. 2007. Zmiany fizycznych i chemicznych właściwości gleby w wyniku stosowania uproszczeń w uprawie roli. *Fragm. Agron.* 24(1): 182–189.
- Martin-Rueda I., Munoz-Guerra L., Yunta F., Esteban E., Tenorio J., Lucena J. 2007. Tillage and crop rotation effects on barley yield and soil nutrients on a Calcicortidic Haploxeralf. *Soil Till. Res.* 92: 1–9.

- Melero S., Panettieri M., Madejón E., Gómez Macpherson H., Moreno F., Murillo J.M. 2011. Implementation of chiseling and mouldboard ploughing in soil after 8 years of no-till management in SW, Spain: Effect on soil quality. *Soil Till. Res.* 112: 107–113.
- Morris N.L., Miller P.C.H., Orson J.H., Froud-Williams R.J. 2010. The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment – A review. *Soil Till. Res.* 108: 1–15.
- Qin S., He X., Hu C., Zhang Y., Dong W. 2010. Response of soil chemical and microbial indicators to conservation tillage versus traditional tillage in the North China Plain. *Eur. J. Soil Biol.* 46: 243–247.
- Raczkowski C.W., Mueller J.P., Busscher W.J., Bell M.C., McGraw M.L. 2012. Soil physical properties of agricultural systems in a large-scale study. *Soil Till. Res.* 119: 50–59.
- Rahman M.H., Okubo A., Sugiyama S., Mayland H.F. 2008. Physical, chemical and microbiological properties of and Andisol as related to land use and tillage practice. *Soil Till. Res.* 101: 10–19.
- Shi X.H., Yang X.M., Drury C.F., Reynolds W.D., McLaughlin N.B., Zhang X.P. 2012. Impact of ridge tillage on soil organic carbon and selected physical properties of a clay loam in southwestern Ontario. *Soil. Till. Res.* 120: 1–7.
- Thomas G.A., Dalal R.C., Standley J. 2007. No-till effect on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. *Soil Till. Res.* 94: 295–304.
- Włodek S., Biskupski A., Pabın J., Kaus A. 2007. Plonowanie zbóż i właściwości fizyczne gleby w różnych systemach uprawy roli. *Fragm. Agron.* 24(1): 262–268.

I. MAŁECKA, D. SWĘDRZYŃSKA, A. BLECHARCZYK, M. DYTMAN-HAGEDORN

#### IMPACT OF TILLAGE SYSTEMS FOR PEA PRODUCTION ON PHYSICAL, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL SOIL PROPERTIES

##### Summary

This study performed on a soil that is classified as Albic Luvisols developed on loamy sands overlying loamy material. The evaluation included the effect of three tillage systems for pea production: conventional tillage, reduced tillage and no-tillage. Continuous cultivation by reduced and no-tillage led to changes in the physical properties of the surface soil layer (0–10 cm). These tillage systems resulted in a higher water content, bulk density and penetration resistance and in a lower capillary water capacity in relation to conventional tillage. Reduced tillage and no-tillage, compared with plough tillage, affected the increase of content of organic carbon and nitrogen, as well as of available potassium and magnesium and decrease of phosphorus content in the topsoil (0–10 cm). Reduced-tilled soil had 30.4% and no-tilled soil 37.3% greater organic C than plough-tilled soil. The pH of the upper 0–10 cm of no-tilled soil was low, probably because of surface accumulation of organic residues. Results indicated the importance of reducing tillage as a means of increasing soil biological activity of the topsoil. Greater abundance of microorganisms were observed in surface soil of reduced and no-tillage than of conventional tillage. The application of conventional tillage reduced 36.4% of acid phosphatase and 100.0% of dehydrogenase in the upper layer of the soil (0–10 cm) with respect to no-till. By the effect of tillage on soil biological properties can be improve natural nutrient cycling processes.