



uproszczeniami w uprawie roli bardzo istotne jest oznaczanie właściwości fizycznych gleby [Weber i in. 2000]. Większość publikacji wskazuje na nieznaczne zwiększenie ciężaru objętościowego suchej gleby oraz nieproporcjonalne zwiększenie jej zwięzłości po zastosowaniu uproszczeń, w tym także siewu bezpośredniego, co niewątpliwie ogranicza możliwości rozwoju korzeni i rzutować może na prawidłowy rozwój roślin [Dzienia, Sosnowski 1988; Dzienia, Wereszczaka 1993; Bleharczyk i in. 1999]. Natomiast Lal i Ahmadi [2000] nie wykazali istotnych zmian gęstości gleby przy stosowaniu uproszczeń w uprawie roli.

Celem badań było określenie, jak kształtują się podstawowe właściwości fizyczne gleby w wyniku modyfikacji tradycyjnej uprawy roli i zróżnicowanego nawożenia azotowego pod pszenżyto ozime.

#### METODY

Badania oparto na ścisłym doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2001–2003 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Swojcu, należącym do Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Doświadczenie zlokalizowano na glebie średniej kompleksu żytniego dobrego, w układzie podbloków losowanych w czterech powtórzeniach. Pszenżyto ozime uprawiono w zmianowaniu burak cukrowy–pszenica jara–groch siewny–pszenżyto ozime. W badaniach uwzględniono dwie grupy czynników doświadczalnych:

1. Sposób późniejszej i przedśiewnej uprawy roli z uwzględnieniem różnych wariantów jej upraszczania i stosowania herbicydu Roundup

System uprawy Tillage system	Uprawa późniejsza Post-harvest tillage	Uprawa przedśiewna Pre-sowing tillage	Technika siewu Type of sow
tradycyjny conventional	podorywka 10 cm + bronowanie skimming 10 cm + harrowing	orka siewna sow ploughing 20–22 cm	tradycyjny conventional
uproszczony I reduced I	podorywka 10 cm + bronowanie skimming 10 cm + harrowing	orka siewna sow ploughing 10–12 cm	tradycyjny conventional
uproszczony II reduced II	podorywka 10 cm + bronowanie skimming 10 cm + harrowing	bronowanie broną wirnikową swirl harrowing 15–17 cm	tradycyjny conventional
uproszczony III reduced III	oprysk Roundupem 2 l/ha spray of Roundup 2 l/ha	orka siewna sow ploughing 10–12 cm	tradycyjny conventional
uproszczony IV reduced IV	oprysk Roundupem 2 l/ha spray of Roundup 2 l/ha	bronowanie broną wirnikową swirl harrowing 15–17 cm	tradycyjny conventional
uproszczony V reduced V	oprysk Roundupem 2 l/ha spray of Roundup 2 l/ha	kultywatorowanie cultivating 17–20 cm	tradycyjny conventional
siew bezpośredni direct sowing	oprysk Roundupem 2 l/ha spray of Roundup 2 l/ha	bez uprawy no-tillage	siew bezpośredni direct sowing

2. Zróżnicowane nawożenie azotowe: N<sub>1</sub> – 50 kg/ha, N<sub>2</sub> – 100 kg/ha.

Pszenżyto ozime odmiany Fidelio wysiano w ilości zapewniającej obsadę roślin 500 szt./m<sup>2</sup>. Siew wykonano siewnikiem tradycyjnym, a w przypadku siewu bezpośredniego siewnikiem talerzowym.

Podstawowe właściwości fizyczne gleby oznaczono w terminie zbioru pszenżyta ozimego. Wilgotność w % obj., gęstość objętościową oraz porowatość (ogólną, kapilarną, aeracyjną) gleby określono w próbkach pobranych do cylindereków o pojemności 100 cm<sup>3</sup> w warstwach 5–10, 10–15, 20–25 cm w dwóch powtórzeniach na każdym poletku. Pomiary zwięzłości przeprowadzono sondą uderzeniową w 8 powtórzeniach, co 5 cm do głębokości 30 cm. Wyniki badań opracowano metodą analizy wariancji przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

#### WYNIKI

Zastosowane systemy uprawy pszenżyta ozimego wywołały istotne zmiany właściwości fizycznych gleby. Wyniki pomiarów zwięzłości gleby wykazały, że dla całego badanego zakresu głębokości najniższe wartości tej cechy odnotowano na obiektach z mechaniczną uprawą późniwą, natomiast uproszczenia w uprawie późniwej, polegające na zastosowaniu Roundupu, zwiększyły zwięzłość gleby (tab. 1). We wszystkich badanych warstwach, z wyjątkiem warstwy 25–30 cm, całkowita rezygnacja z mechanicznej uprawy późniwej i przedsięwzięcia spowodowała istotny wzrost wartości tej cechy w porównaniu z uprawą tradycyjną, średnio o 35%. Wzrost zwięzłości gleby w wyniku uprawy zerowej potwierdzają prace wielu autorów [Śmierzchalski 1980; Dzienia, Wereszczaka 1993; Blecharczyk i in. 1999]. W warstwie najgłębszej różnice pomiędzy badanymi systemami uprawy roli były natomiast najmniejsze, a między siewem bezpośrednim a uprawą tradycyjną nawet nieistotne. Według Radeckiego [1986] zatarcie tych różnic w głębszych warstwach jest spowodowane procesem samoregulacji w miarę upływu czasu.

Zmiany zwięzłości gleby znalazły swoje odbicie w gęstości objętościowej gleby, która uległa analogicznym zmianom co zwięzłość (tab. 2). Podobnie do zwięzłości gleby największe wartości gęstości objętościowej odnotowano we wszystkich badanych warstwach prócz warstwy najgłębszej, na poletkach z siewem bezpośrednim, a najmniejsze po zastąpieniu orki siewnej broną wirnikową. W wielu doświadczeniach stwierdzono wzrost gęstości objętościowej pod wpływem siewu bezpośredniego [Krężel 1991; Pabin in. 2002], natomiast według Nowickiego i in. [1988] najmniejsze wartości gęstości i zwięzłości gleby osiąga się przy uprawie maszynami aktywnymi.

Tabela 1. Zwężłość gleby

Table 1. Soil compaction

System uprawy Tillage system	Zwężłość gleby Soil compaction, MPa								
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Średn. mean	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Średn. mean	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Średn. mean
	0–5 cm			5–10 cm			10–15 cm		
Tradycyjny Conventional	2,99	3,24	3,12	4,21	4,40	4,31	4,15	5,66	4,91
Uproszczony I Reduced I	3,00	3,12	3,06	4,64	2,86	3,70	5,57	4,95	5,26
Uproszczony II Reduced II	2,74	2,27	2,51	3,94	4,13	4,04	4,28	5,16	4,72
Uproszczony III Reduced III	3,41	2,60	3,01	3,92	3,67	3,80	5,66	5,96	5,81
Uproszczony IV Reduced IV	2,92	2,93	2,93	4,66	5,49	5,08	6,27	5,93	6,10
Uproszczony V Reduced V	3,50	2,87	3,19	4,07	3,84	3,96	7,07	6,80	6,94
Siew bezpośredni Direct sowing	4,00	3,69	3,85	6,09	4,54	5,32	8,46	6,66	7,56
Średnio Mean	3,22	2,96		4,50	4,13		5,92	5,87	
NIR LSD dla uprawy for tillage		0,26			0,41			0,69	
dla nawożenia for fertilization		0,08			0,11			ni * ns	
dla interakcji for interaction		0,37			0,58			0,97	
System uprawy Tillage system	15–20 cm			20–25 cm			25–30 cm		
Tradycyjny Conventional	6,08	6,50	6,29	9,40	9,02	9,21	15,08	15,32	15,20
Uproszczony I Reduced I	6,70	5,84	6,27	10,01	8,61	9,31	15,88	14,48	15,18
Uproszczony II Reduced II	5,03	5,93	5,48	7,19	8,29	7,74	9,62	12,46	11,04
Uproszczony III Reduced III	8,68	7,35	8,02	11,62	11,31	11,47	15,94	17,08	16,51
Uproszczony IV Reduced IV	8,53	8,07	8,30	14,25	12,70	13,48	19,37	15,49	17,43
Uproszczony V Reduced V	10,09	8,57	9,33	16,03	10,30	13,17	18,99	11,02	15,01
Siew bezpośredni Direct sowing	11,45	7,59	9,52	12,33	9,47	10,90	16,03	13,70	14,87
Średnio Mean	8,08	7,12		11,55	9,96		15,84	14,22	
NIR LSD dla uprawy for tillage		0,93			1,43			1,85	
dla nawożenia for fertilization		0,80			0,87			1,02	
dla interakcji for interaction		1,46			2,02			2,63	

\* ni nieistotne ns not significant

Tabela 2. Gęstość objętościowa gleby, mg m<sup>-3</sup>Table 2. Bulk density of soil, mg m<sup>-3</sup>

System uprawy Tillage system	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Średn. Mean	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Średn. Mean	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Średn. Mean
	0–5 cm			5–10 cm			15–20 cm		
Tradycyjny Conventional	1,49	1,50	1,50	1,57	1,57	1,57	1,56	1,56	1,56
Uproszczony I Reduced I	1,42	1,46	1,44	1,53	1,56	1,55	1,57	1,59	1,58
Uproszczony II Reduced II	1,51	1,50	1,50	1,51	1,56	1,54	1,54	1,54	1,54
Uproszczony III Reduced III	1,50	1,54	1,52	1,58	1,60	1,59	1,61	1,66	1,64
Uproszczony IV Reduced IV	1,42	1,49	1,46	1,59	1,66	1,63	1,59	1,58	1,59
Uproszczony V Reduced V	1,52	1,51	1,52	1,60	1,60	1,60	1,62	1,65	1,64
Siew bezpośredni Direct sowing	1,54	1,54	1,54	1,66	1,65	1,66	1,62	1,61	1,62
Średnia Mean	1,49	1,51		1,58	1,60		1,59	1,60	
NIR LSD dla uprawy for tillage		0,03			0,04			0,02	
dla nawożenia for fertilization		0,02			0,01			0,01	
dla interakcji for interaction		ni * ns			ni ns			ni ns	

\*ni nieistotne ns not significant

Tabela 3. Porowatość gleby

Table 3. Porosity of the soil

System uprawy Tillage system	Porowatość ogólna Total porosity %			Porowatość kapilarna Capillary porosity %			Porowatość aeracyjna Air porosity %		
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	średn. mean	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	średn. mean	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	średn. mean
0-5 cm									
Tradycyjny Conventional	42,13	41,55	41,84	32,02	31,66	31,84	10,11	9,88	9,99
Uproszczony I Reduced I	44,4	42,76	43,58	33,58	32,33	32,95	10,82	10,43	10,62
Uproszczony II Reduced II	41,28	41,72	41,5	33,29	32,9	33,09	7,99	8,82	8,40
Uproszczony III Reduced III	41,59	40,35	40,97	32,43	32,39	32,41	9,16	7,95	8,55
Uproszczony IV Reduced IV	44,77	42,19	43,48	32,16	31,28	31,72	11,99	10,91	11,45
Uproszczony V Reduced V	40,85	41,19	41,02	30,48	33,62	32,05	9,51	7,24	8,37
Siew bezpośredni Direct sowing	40,85	40,21	40,53	29,7	33,21	31,45	9,95	8,12	9,03
Średnio Mean	42,27	41,42		31,95	32,48		9,93	9,05	
NIR LSD dla uprawy for tillage	1,14			ni ns			1,12		
dla nawożenia for fertilization	0,58			ni ns			0,50		
dla interakcji for interaction	ni * ns			2,04			ni ns		
5-10 cm									
Tradycyjny Conventional	38,88	38,95	38,91	31,64	32,12	31,88	7,31	7,02	7,16
Uproszczony I Reduced I	40,16	39,37	39,76	33,59	33,32	33,45	6,56	6,04	6,30
Uproszczony II Reduced II	38,83	39,24	39,03	31,68	31,7	31,69	6,7	7,09	6,89
Uproszczony III Reduced III	38,77	37,98	38,37	32,11	32,41	32,26	6,17	5,89	6,03
Uproszczony IV Reduced IV	38,27	35,55	36,91	30,33	29,34	29,83	7,94	5,97	6,95
Uproszczony V Reduced V	37,74	37,87	37,80	31,06	29,98	30,52	6,4	6,86	6,63
Siew bezpośredni Direct sowing	35,64	36,08	35,86	26,82	28,02	27,42	7,53	7,89	7,71
Średnio Mean	38,33	37,86	X	31,03	30,98	X	6,94	6,68	X
NIR LSD dla uprawy for tillage	1,10			1,19			0,7		
dla nawożenia for fertilization	0,73			ni ns			ni ns		
dla interakcji for interaction	ni ns			ni ns			1,01		
15-20 cm									
Tradycyjny Conventional	39,59	39,58	39,58	32,89	32,73	32,81	6,48	6,59	6,53
Uproszczony I Reduced I	39,84	38,39	39,11	33,56	31,50	32,53	6,51	6,89	6,70
Uproszczony II Reduced II	40,34	40,16	40,25	33,07	32,66	32,86	7,26	6,72	6,99
Uproszczony III Reduced III	37,65	35,54	36,59	31,46	30,03	30,74	6,08	5,78	5,93
Uproszczony IV Reduced IV	38,37	38,71	38,54	30,55	31,76	31,15	7,58	7,72	7,65
Uproszczony V Reduced V	37,01	35,98	36,49	30,23	28,65	29,44	6,77	6,82	6,79
Siew bezpośredni Direct sowing	36,93	37,44	37,18	26,76	29,22	27,99	9,8	7,84	8,82
Średnio Mean	38,53	37,97	X	31,22	30,94	X	7,21	6,91	X
NIR LSD dla uprawy for tillage	0,99			1,3			0,8		
dla nawożenia for fertilization	0,26			ni ns			ni ns		
dla interakcji for interaction	ni ns			1,86			ni ns		

\*ni nieistotne ns not significant

Tabela 4. Wilgotność gleby, % obj.

Table 4. Soil moisture, % vol.

System uprawy Tillage system	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Średn. Mean	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Średn. Mean	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	Średn. Mean
	0–5 cm			5–10 cm			15–20 cm		
Tradycyjny Conventional	15,68	15,78	15,73	16,91	17,75	17,33	15,49	16,39	15,94
Uproszczony I Reduced I	14,66	13,25	13,96	17,13	16,40	16,77	16,71	16,33	16,52
Uproszczony II Reduced II	15,81	15,63	15,72	17,41	17,49	17,45	16,93	16,25	16,59
Uproszczony III Reduced III	16,97	16,06	16,52	16,60	18,64	17,62	16,50	16,22	16,36
Uproszczony IV Reduced IV	16,58	17,69	17,14	18,05	18,93	18,49	16,53	15,64	16,09
Uproszczony V Reduced V	18,11	16,77	17,44	17,51	17,97	17,74	16,20	17,76	16,98
Siew bezpośredni Direct sowing	16,94	18,95	17,95	16,65	18,25	17,45	14,87	16,96	15,92
Średnio Mean	16,39	16,30		17,18	17,92		16,18	16,51	
NIR LSD dla uprawy for tillage	0,92			0,86			0,73		
dla nawożenia for fertilization	ni * ns			0,55			ni ns		
dla interakcji for interaction	1,30			1,26			1,03		

\*ni niestotne ns not significant

Wzrost zagęszczenia gleby w stanowiskach po siewie bezpośrednim spowodował, w porównaniu z systemami uprawowymi z mechaniczną uprawą późniejszą, zmniejszenie porowatości ogólnej we wszystkich badanych warstwach (tab. 3). W wielu pracach podkreślano, że zmiany te dotyczą zwłaszcza stosunku porów kapilarnych małych do dużych, który zmienia się na korzyść małych [Gruber 1994; Tebrügge, Wagner 1995]. Badania własne potwierdzają ten pogląd tylko w odniesieniu do warstwy 0–5 cm, gdzie porowatość aeracyjna zmalała o 8,5% względem porowatości kapilarnej, natomiast w głębszych warstwach wraz ze wzrostem porowatości aeracyjnej malała wyraźnie porowatość kapilarna.

Jednocześnie ze zmianą ilości porów i ich wielkości zmieniała się zdolność gleby do gromadzenia wody. Modyfikacje uprawy późniejszej, polegające na zastąpieniu podorywki zabiegiem herbicydowym, spowodowały w wierzchniej warstwie, w porównaniu z uprawami, gdzie wykonano pełny zestaw uprawek późniejszych, wzrost wilgotności gleby (% obj.) średnio o 14% (tab. 4). Istotne różnice pomiędzy siewem bezpośrednim a uprawą tradycyjną odnotowano tylko w warstwie powierzchniowej. W miarę natomiast zwiększania głębokości różnice pomiędzy badanymi uprawami nie były już tak wyraźne. Według Dzieni i Sosnowskiego [1988] brak jest jednoznacznych informacji o znaczeniu uprawy zerowej dla gospodarki wodnej gleby. Większość prac zawiera jednak informacje o korzystnym wpływie tej technologii uprawy na gromadzenie wody w glebie [Weber i in. 2000, Pabin i in. 2002].

Właściwości fizyczne gleby zmieniały się także w sposób istotny pod wpływem zróżnicowanego nawożenia azotowego. Nie potwierdzają tego jednak wy-

niki Dinesha i in. [1990] oraz Patela i in. [1993], którzy wykazali w swoich badaniach niewielki wpływ nawożenia azotowego na właściwości fizyczne gleby. Zwiększenie nawożenia azotowego w uprawie pszenżyta niezależnie od sposobu uprawy, spowodowało na całej głębokości badanego profilu glebowego zmniejszenie zwięzłości i porowatości ogólnej gleby, a zwiększenie gęstości objętościowej (tab. 1–3). Nie odnotowano natomiast wpływu nawożenia azotowego na wilgotność gleby (tab. 4).

#### WNIOSKI

1. Uproszczenia w uprawie roli pod pszenżyto ozime, polegające na rezygnacji z uprawy późniejszej na rzecz oprysku chemicznego, powodują zwiększenie zwięzłości, gęstości i wilgotności gleby oraz zmniejszenie jej porowatości ogólnej.

2. Siew bezpośredni pogarsza zwięzłość i gęstość gleby, ale poprawia właściwości powietrzno-wodne gleby.

3. Zwiększenie nawożenia azotowego powoduje wzrost zwięzłości i gęstości gleby oraz zwiększenie porowatości gleby.

#### PIŚMIENNICTWO

- Blecharczyk A., Skrzypczak G., Małecka J. 1999. Reakcja pszenicy ozimej na przedplon i siew bezpośredni. *Pam. Puł.* 118, 9–16.
- Dinesh B., Verma S., Badiyala D. 1990. Effect of supplemental sources and fertilizer nitrogen on physico-chemical properties of acid soils of Himachal Pradesh. *Indian J. Agron.* 35, 1, 2, 144–149.
- Dzienia S., Piskier T., Wereszczak J. 1994. Wpływ energetyczny i plonowanie pszenżyta ozimego. *Zesz. Nauk. AR Szczecin*, 162, 58, 45–49.
- Dzienia S., Sosnowski A. 1988. Wpływ siewu bezpośredniego na fizyczne właściwości gleby lekkiej i plonowanie słonecznika pastewnego. *Fragm. Agron.* 2, 42–55.
- Dzienia S., Wereszczak J. 1993. Wpływ systemów uprawy roli na fizyczne właściwości uprawy roli i plonowanie bobiku. *Fragm. Agron.* 4, 40, 163–175.
- Gonet Z. 1991. Metoda i niektóre wyniki badań energochłonności systemów uprawy roli. *Fragm. Agron.* 2, 7–18.
- Gruber W. 1994. Der Einfluß der Bodenbearbeitung auf die Gefügestabilität von Ackerböden. *Justus-Liebig-Universität Gießen Interdisziplinäre Forschung Agrarwissenschaften*, 17–40.
- Krężel R. 1991. Wpływ siewu bezpośredniego na właściwości gleby i plonowanie roślin. *Rocz. Nauk Rol., Seria A*, 109, 3, 175–187.
- Lal R., Ahmadi M. 2000. Axle load and tillage effects on crop yield for two soils in central Ohio. *Soil Till. Res.* 54, 111–119.

- Nowicki J., Niewiadomski W., Buczyński G., Wanic M. 1988. Porównanie czterech sposobów uprawy gleby ciężkiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 356, 185–193.
- Pabin J., Włodek S., Biskupski A. 2002. Oddziaływanie siewu bezpośredniego na wilgotność gleby. Post. Nauk Rol. 4, 42–49.
- Patel M., Gami R., Patel P. 1993. Effect of farmyard manure and NPK fertilizers on bulk density of deep black soil under rice-wheat green gram rotation. Gujarat Agricult. Univ. Res. J. 18, 2; 109–111.
- Radecki A. 1986. Studia nad możliwością zastosowania siewu bezpośredniego na czarnych ziemiach właściwych. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Stępniewski W. 1980. Zależność dyfuzji tlenu i zwięzłości od zagęszczenia gleby. Rozprawa habilitacyjna, PAN, Lublin.
- Styk B., Sochaj J. 1992. Wpływ przedsiewnego zagęszczenia gleby na plonowanie jęczmienia jarego. Roczn. Nauk Rol. A, 109, 3, 177–184.
- Śmierchalski L. 1980. Aktualne kierunki zmian w uprawie roli. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 227, 131–147.
- Tebrügge F., Wagner A. 1995. Soil structure and trafficability after long-term application of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of the EC – Workshop I, 5–9.
- Weber R., Hryńczuk B., Biskupski A., Włodek S. 2000. Zmienność zwięzłości, gęstości i wilgotności gleby w zależności od techniki uprawy roli. Inż. Rol. 6, 313–325.