

## ZMIANY WSKAŹNIKÓW STRUKTURY GLEBY POD WPLYWEM ZRÓŻNICOWANYCH SYSTEMÓW UPRAWY PSZENICY JAREJ

ROMAN WAĆLAWOWICZ, DANUTA PARYŁAK, ADELA MAZIAREK

*Katedra Kształtowania Agroekosystemów i Terenów Zieleni  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

roman.waclawowicz@up.wroc.pl

**Synopsis.** W pracy badano wpływ czterech sposobów uprawy roli (uprawa tradycyjna, uproszczona i zero-wa) pod pszenicę jarą wraz z wprowadzeniem do gleby liści buraczanych ( $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) oraz zróżnicowanego nawożenia azotem pszenicy jarej na strukturę roli i jej odporność na rozmywające działanie wody. Badania przeprowadzono w latach 2009–2011 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Dwuczynnikowe doświadczenie zostało założone metodą losowanych podbloków (split-plot). Zaniechanie uprawy roli i zastosowanie siewu bezpośredniego pszenicy jarej sprzyjało agregacji struktury gleby wyrażonej wskaźnikiem W. Również wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego ( $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) przyczyniło się do wzrostu wskaźnika struktury. Najkorzystniejsze zmiany średniej ważonej średnicy agregatów (MWDg) obserwowano po zastosowaniu uproszczeń w uprawie roli polegających na zastąpieniu pługa kultywatoresm oraz po całkowitym zrezygnowaniu z uprawy. Aplikacja  $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  przyczyniła się natomiast do istotnego zmniejszenia wskaźnika MWDg; zależność tę obserwowano jednak tylko w warstwie 10–20 cm. Ograniczenie intensywności uprawy roli wpłynęło także na poprawę wodoodporności agregatów glebowych. W warstwie 0–10 cm najwyższy wskaźnik Wod obserwowano po zastosowaniu kultywatora, natomiast w warstwie 10–20 cm jeśli pszenicę uprawiano w siewie bezpośrednim.

**Słowa kluczowe** – *key words*: struktura roli – *soil structure*, wodoodporność – *waterproof*, uprawa roli – *tillage*, liście buraka cukrowego – *sugar beet leaves*, nawożenie azotem – *nitrogen fertilization*, pszenica jara – *spring wheat*

### WSTĘP

Żyzność i urodzajność gleby, a szczególnie jej właściwości wodne, w znacznym stopniu uzależnione są od agregacji gleby [Jiao i in. 2006, Turski 2010, Yang i Wander 1998]. Stabilna struktura agregatowa stanowi ochronę materii organicznej przed zbyt szybką mineralizacją [Lenart 2008, Six i in. 1998]. Podstawową miarą jakości i trwałości struktury gleby jest odporność agregatów na rozmywające działanie wody, czyli ich zdolność do zachowania kształtu i wewnętrznej budowy w wodzie [Paluszek i Żembrowski 2008, Turski 2010].

Wodoodporność agregatów jest cechą dynamicznie zmieniającą się pod wpływem czynników fizycznych, chemicznych i biologicznych [Paluszek 2011, Tebrügge i Düring 1999]. Do agronomicznych czynników korzystnie wpływających na powstawanie oraz utrzymanie się struktury agregatowej należy m.in. ograniczanie intensywności uprawy roli. Cel ten można osiągnąć poprzez spłylenie orki, zastąpienie pługa innymi narzędziami lub ograniczenie liczby zabiegów uprawowych [Alvaro-Fuentes i in. 2008, Bronick i Lal 2005, Hernanz i in. 2002]. Również nawożenie organiczne, według wielu autorów, wpływa na powstanie i polepszenie trwałości struktury; obok obornika [Lenart 2008, Suwara 2010] funkcję tę z powodzeniem mogą pełnić

międzyplony [Bronick i Lal 2005, Kordas i Majchrowski 2010, Wojciechowski 2009] i plony uboczne, w tym liście buraka cukrowego [Parylak i Waławowicz 2004, Waławowicz 2007].

Celem podjętych badań było poznanie wpływu różnych sposobów uprawy roli pod pszenicę jarą połączonych z wprowadzeniem do gleby liści buraczanych oraz zróżnicowanego nawożenia azotem na strukturę roli i jej trwałość.

## MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2009–2011 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swójec (51°07' N, 17°08' E) należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Dwuczynnikowe doświadczenie zostało założone metodą losowanych podbloków (split-plot) w trzech powtórzeniach, na glebie średniej należącej do kompleksu pszennego dobrego. Badania przeprowadzono w pszenicy jarej, której przedplonem był burak cukrowy uprawiany tradycyjnie. Czynnikiem pierwszego rzędu był zróżnicowany poziom uprawy roli: A) uprawa tradycyjna, B) uprawa tradycyjna wraz z przyoranymi liśćmi buraczanymi (40 t·ha<sup>-1</sup>), C) uprawa uproszczona wraz z liśćmi buraka pozostawionymi w postaci mulczu, D) uprawa zerowa z pozostawionymi liśćmi w formie mulczu (tab. 1). Drugim czynnikiem był zróżnicowany poziom nawożenia azotem (40, 80 i 120 kg N·ha<sup>-1</sup>). Azot w formie saletry amonowej zastosowano,

Tabela 1. Schemat doświadczenia

Table 1. Scheme of experiment

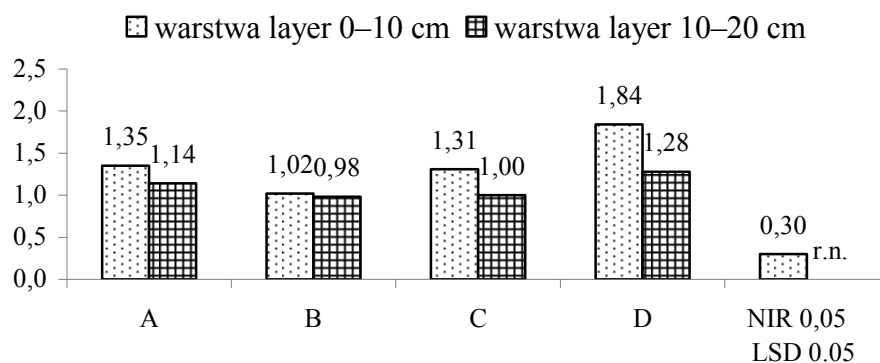
Czynnik I rzędu – system uprawy – Main plot – tillage system			
A) zebranie liści buraka cukrowego z pola, orka ziębła (20 cm), wiosną agregat uprawowy (brona wirowa + wał strunowy), siew tradycyjny pszenicy jarej <i>A) sugar beet leaves gathering, fall ploughing (20 cm), in spring tillage unit (rotary harrow+ string roler), conventional sowing of spring wheat</i>	B) jesienne przyoranie liści buraczanych na głębokość 15 cm, wiosną agregat uprawowy, siew tradycyjny pszenicy jarej <i>B) fall ploughing down sugar beet leaves at a depth of 15 cm, in spring tillage unit, conventional sowing of spring wheat</i>	C) pozostawienie liści buraka na zimę na powierzchni pola jako mulcz, wiosną kultywator i agregat uprawowy, siew tradycyjny pszenicy jarej <i>C) sugar beet leaves left in winter time on field surface as a mulch, in spring cultivator and tillage unit, conventional sowing of spring wheat</i>	D) pozostawienie liści buraka na zimę na powierzchni pola jako mulczu, siew bezpośredni pszenicy jarej <i>D) sugar beet leaves left in winter time on field surface as a mulch, direct sowing of spring wheat</i>
Skrócona nazwa – Abridged name			
uprawa tradycyjna <i>conventional tillage</i>	uprawa tradycyjna + liście buraka cukrowego <i>conventional tillage+ sugar beet leaves</i>	uprawa uproszczona + liście buraka cukrowego <i>reduced tillage + sugar beet leaves</i>	uprawa zerowa + liście buraka cukrowego <i>no-tillage + sugar beet leaves</i>
Czynnik II rzędu – poziom nawożenia azotem (kg·ha <sup>-1</sup> ) Subplot – level of nitrogen fertilization (kg·ha <sup>-1</sup> )			
N1 – 40	N2 – 80 (40+40)	N3 – 120 (40+50+30)	
Skrócona nazwa – Abridged name			
40	80	120	

w zależności od dawki, w jednym, dwóch lub trzech terminach: przed siewem pszenicy, w fazie strzelania w źdźbło (2. kolanko), w czasie kłoszenia się roślin. Nawozy fosforowe, potasowe i wapniowe zostały zastosowane według zasobności gleby.

Glebę do analiz pobrano po zbiorze pszenicy jarej z dwóch warstw: 0–10 i 10–20 cm. Osobno analizowano glebę z każdego poletka. Po uprzednim doprowadzeniu do stanu powietrznie suchego próbki gleby rozdzielono na zestawie sit o średnicy oczek 0,25; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0 i 10,0 mm. Określono wskaźnik struktury (W). Wodoodporność agregatów glebowych oznaczono metodą separacji na mokro w aparacie Bakszejewa. Uzyskane wyniki posłużyły do obliczenia średniej ważonej średnicy agregatu (MWDg) i wskaźnika wodoodporności (Wod) [Rewut 1980]. Wyniki poddano analizie wariancji. Różnice graniczne określono przez zastosowanie testu Studenta przy poziomie ufności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI BADAŃ

Sposób uprawy roli w istotny sposób wpłynął na wskaźnik struktury gleby oznaczony w fazie krzewienia pszenicy, ale tylko w warstwie 0–10 cm (rys. 1). Najkorzystniejszą strukturą charakteryzowała się gleba z poletek, na których zaniechano uprawy roli, a liście buraczane



A – uprawa tradycyjna – *conventional tillage*

B – uprawa tradycyjna + liście buraczane – *conventional tillage + sugar beet leaves*

C – uprawa uproszczona + liście buraczane – *reduced tillage + sugar beet leaves*

D – uprawa zerowa + liście buraczane – *no-tillage + sugar beet leaves*

r.n. – różnica nieistotna – *not significant difference*

Rys. 1. Wskaźnik struktury gleby (W) w fazie krzewienia pszenicy jarej

Fig. 1. Soil structure index (W) at tillering of spring wheat

pozostawiono na powierzchni gleby w postaci mulczu. W takich warunkach wskaźnik W był o 36,3% wyższy od uzyskanego na poletkach uprawianych tradycyjnie. Z kolei w pozostałych systemach uprawy, w których materię organiczną wprowadzono do gleby za pomocą kultywatora lub pługa wskaźnik struktury był w nieznacznym stopniu niższy niż na obiekcie kontrolnym (uprawa tradycyjna). Podobny kierunek zmian zanotowano w warstwie 10–20 cm; zależności tych nie potwierdzono jednak statystycznie.

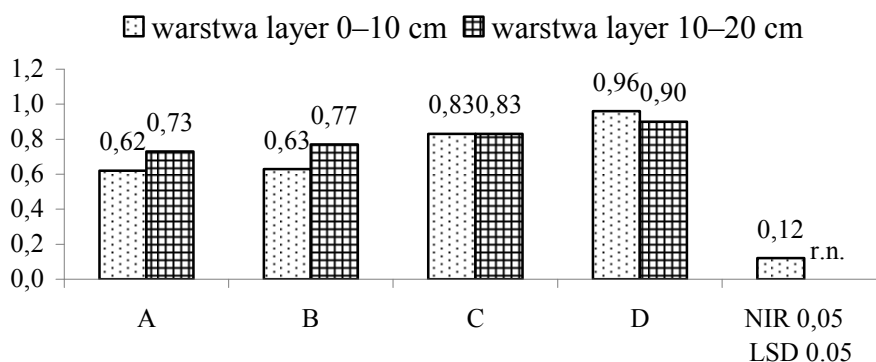
Również w terminie zbioru pszenicy jarej wskaźnik W był istotnie modyfikowany wyłącznie pod wpływem systemów uprawy (tab. 2). Wprowadzenie do gleby liści buraczanych za pomocą pługa lub ich pozostawienie na powierzchni gleby w postaci mulczu i zrezygnowanie z uprawy roli sprzyjało istotnej poprawie strukturalności gleby. W warstwie płytszej parametru

Tabela 2. Wskaźnik struktury gleby (W) w terminie zbioru pszenicy jarej  
Table 2. Soil structure index (W) at harvest time of spring wheat

Sposób uprawy <i>Tillage method</i>	Dawki azotu – Nitrogen rates (kg·ha <sup>-1</sup> )			
	40	80	120	średnio – mean
warstwa – layer (0–10 cm)				
Uprawa tradycyjna <i>Conventional tillage</i>	0,82	0,79	0,68	0,76
Uprawa tradycyjna + liście buraczane <i>Conventional tillage + sugar beet leaves</i>	1,05	1,02	1,00	1,02
Uprawa uproszczona + liście buraczane <i>Reduced tillage + sugar beet leaves</i>	0,84	0,79	0,81	0,82
Uprawa zerowa + liście buraczane <i>No-tillage + sugar beet leaves</i>	1,08	1,06	1,13	1,09
Średnio – Mean	0,95	0,91	0,91	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> dla – for: sposobu uprawy – <i>tillage method</i> – 0,10; dawki azotu – <i>nitrogen rates</i> – r.n.; interakcji – <i>interaction</i> – r.n.				
warstwa – layer (10–20 cm)				
Uprawa tradycyjna <i>Conventional tillage</i>	0,87	0,86	0,77	0,83
Uprawa tradycyjna + liście buraczane <i>Conventional tillage + sugar beet leaves</i>	0,87	1,09	1,02	0,99
Uprawa uproszczona + liście buraczane <i>Reduced tillage + sugar beet leaves</i>	0,87	0,97	0,87	0,90
Uprawa zerowa + liście buraczane <i>No-tillage + sugar beet leaves</i>	1,06	1,11	0,97	1,05
Średnio – Mean	0,92	1,01	0,91	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> dla – for: sposobu uprawy – <i>tillage method</i> – 0,13; dawki azotu – <i>nitrogen rates</i> – r.n.; interakcji – <i>interaction</i> – r.n.				

ten wzrósł w stosunku do stwierdzonego na obiekcie kontrolnym odpowiednio o 34,2 i 43,4%, natomiast w warstwie głębszej o 19,3 i 26,5%. Również zastąpienie pługa kultywatozem i wprowadzenie substancji organicznej do gleby przyczyniło się do wzrostu wskaźnika strukturalności w badanym profilu gleby – zależności tych nie udowodniono jednak matematycznie. Mineralne nawożenie azotowe nie miało istotnego wpływu na strukturę gleby.

Wskaźnikiem charakteryzującym strukturę roli, zwłaszcza stopień agregacji gleby, jest średnia ważona średnica agregatów (MWDg). W początkowej fazie wzrostu pszenicy była ona istotnie zależna od badanych systemów uprawy (rys. 2). Po zastosowaniu uproszczeń w uprawie roli



A, B, C, D – objaśnienia na rys. 1 – explanation see fig. 1  
r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Rys. 2. Średnia ważona średnica agregatu (MWDg) w fazie krzewienia pszenicy jarej (mm)  
Fig. 2. Mean diameter of aggregates (MWDg) at tillering of spring wheat (mm)

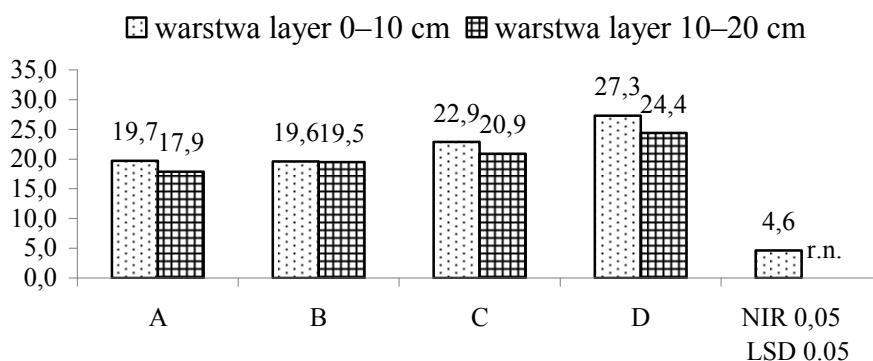
wartość MWDg w warstwie 0–10 cm wyraźnie wzrosła. Jeśli uprawę roli przeprowadzono za pomocą kultywatora, to średnica agregatów oznaczonych na mokro zwiększyła się, w porównaniu z zaobserwowaną na poletkach uprawianych tradycyjnie, o 33,9%. Jeszcze większy wzrost (o 54,8%) zanotowano po rezygnacji z uprawy roli i zastosowaniu siewu bezpośredniego pszenicy jarej. Z kolei wprowadzenie liści buraczanych do gleby za pomocą orki nie miało wpływu na badany parametr. Średnia ważona średnica agregatów była taka sama po przeprowadzeniu uprawy tradycyjnej i połowym zagospodarowaniu plonu ubocznego buraka, jak po wykonaniu ziębli i zrezygnowaniu z nawożenia liśćmi. W warstwie 10–20 cm obserwowano zbliżone zależności, różnic nie udowodniono jednak statystycznie.

W fazie dojrzałości pełnej badanej rośliny wskaźnik MWDg był istotnie modyfikowany zarówno przez system uprawy roli, jak i w mniejszym stopniu nawożenie azotowe (tab. 3). W płytszej warstwie największą średnicę agregatów, podobnie jak w fazie krzewienia pszenicy, stwierdzono po zastosowaniu uprawy uproszczonej i zerowej. Wzrosła ona, w porównaniu z obserwowaną na poletkach uprawianych tradycyjnie, odpowiednio o 36,0 i 17,3%. Z kolei uprawa tradycyjna połączona z wprowadzeniem liści buraka cukrowego do gleby przyczyniła się do istotnego zmniejszenia średniej ważonej średnicy agregatów o 12,0%. W warstwie tej nawożenie azotowe nie różnicowało badanego parametru, zaobserwowano jednak, że intensyfikacja nawożenia N wpływa na nieznaczne, systematyczne zmniejszenie średniej ważonej średnicy agregatów. W warstwie głębszej obecność nawozu zielonego w każdym z badanych sposobów uprawy sprzyjała istotnemu zwiększeniu wskaźnika MWDg, wzrósł on średnio o 20,6% w porównaniu z określonym w uprawie pszenicy nienawożonej liśćmi buraczanymi. W tej warstwie gleby średnica agregatów była również istotnie zależna od nawożenia azotowego. Jeśli pszenicę nawożono 120 kg N·ha<sup>-1</sup> MWDg była istotnie (o 8,1%) mniejsza niż po zastosowaniu 40 kg N·ha<sup>-1</sup> i o 11,7% mniejsza niż w warunkach nawożenia 80 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Tabela 3. Średnia ważona średnica agregatu (MWDg) w terminie zbioru pszenicy jarej (mm)  
 Table 3. Mean weight diameter of aggregates (MWDg) at harvest time of spring wheat (mm)

Sposób uprawy <i>Tillage method</i>	Dawki azotu $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ – <i>Nitrogen rates</i> ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )			
	40	80	120	średnio – <i>mean</i>
warstwa – <i>layer</i> (0–10 cm)				
Uprawa tradycyjna <i>Conventional tillage</i>	0,83	0,70	0,72	0,75
Uprawa tradycyjna + liście buraczane <i>Conventional tillage + sugar beet leaves</i>	0,63	0,69	0,67	0,66
Uprawa uproszczona + liście buraczane <i>Reduced tillage + sugar beet leaves</i>	1,10	1,02	0,94	1,02
Uprawa zerowa + liście buraczane <i>No-tillage + sugar beet leaves</i>	0,87	0,90	0,85	0,88
Średnio – <i>Mean</i>	0,86	0,83	0,80	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> dla – <i>for</i> : sposobu uprawy – <i>tillage method</i> – 0,09; dawki azotu – <i>nitrogen rates</i> – r.n.; interakcji – <i>interaction</i> – r.n.				
warstwa – <i>layer</i> (10–20 cm)				
Uprawa tradycyjna <i>Conventional tillage</i>	0,64	0,66	0,60	0,63
Uprawa tradycyjna + liście buraczane <i>Conventional tillage + sugar beet leaves</i>	0,77	0,84	0,65	0,75
Uprawa uproszczona + liście buraczane <i>Reduced tillage + sugar beet leaves</i>	0,75	0,75	0,78	0,76
Uprawa zerowa + liście buraczane <i>No-tillage + sugar beet leaves</i>	0,78	0,81	0,71	0,77
Średnio – <i>Mean</i>	0,74	0,77	0,68	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> dla – <i>for</i> : sposobu uprawy – <i>tillage method</i> – 0,12; dawki azotu – <i>nitrogen rates</i> – 0,06; interakcji – <i>interaction</i> – r.n.				

Jednym z podstawowych parametrów decydujących o wartości struktury agregatowej jest jej odporność na rozmywające działanie wody. Badania przeprowadzone w fazie krzewienia pszenicy w warstwie 0–10 cm wykazały, że tylko pozostawienie liści buraczanych na zimę w postaci mulczu i całkowite zaniechanie uprawy roli sprzyjało istotnej 38,6% poprawie wodoodporności agregatów glebowych, w porównaniu ze stwierdzoną na poletkach uprawianych tradycyjnie (rys. 3). W warstwie 10–20 cm obserwowano podobny kierunek zmian, zależności tych nie udowodniono jednak matematycznie.



A, B, C, D – objaśnienia na rys. 1 – explanation see fig. 1  
 r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Rys. 3. Wskaźnik wodoodporności agregatów glebowych (Wod) w fazie krzewienia pszenicy jarej (%)  
 Fig. 3. Waterproof index (Wod) at tillering of spring wheat (%)

W terminie zbioru pszenicy wskaźnik Wod w obu warstwach gleby był istotnie modyfikowany jedynie przez system uprawy pszenicy jarej (tab. 4). Po zrezygnowaniu z uprawy płuźnej i połowym zagospodarowaniu plonu ubocznego buraka wodoodporność agregatów glebowych znacząco wzrosła w porównaniu do stwierdzonej w warunkach uprawy klasycznej. Jeśli zastosowano kultywator, to w warstwie płytszej zanotowano wzrost wskaźnika Wod o 34,4%, a w warstwie głębszej o 22,2%, natomiast jeśli zrezygnowano z uprawy roli, to wodoodporność wzrosła odpowiednio o 22,0 i 37,9%. Wielkość badanego parametru nie była wprawdzie uzależ-

Tabela 4. Wskaźnik wodoodporności agregatów glebowych (Wod) w terminie zbioru pszenicy jarej (%)  
 Table 4. Index of soil aggregates waterproof (Wod) at harvest time of spring wheat (%)

Sposób uprawy Tillage method	Dawki azotu kg·ha <sup>-1</sup> – Nitrogen rates (kg·ha <sup>-1</sup> )			
	40	80	120	średnio – mean
warstwa – layer (0–10 cm)				
Uprawa tradycyjna Conventional tillage	20,9	17,4	17,7	18,6
Uprawa tradycyjna + liście buraczane Conventional tillage + sugar beet leaves	16,1	17,7	17,7	17,2
Uprawa uproszczona + liście buraczane Reduced tillage + sugar beet leaves	26,6	26,1	22,4	25,0
Uprawa zerowa + liście buraczane No-tillage + sugar beet leaves	22,8	23,6	21,8	22,7
Średnio – Mean	21,6	21,2	19,9	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> dla – for: sposobu uprawy – tillage method – 2,6; dawki azotu – nitrogen rates – r.n.; interakcji – interaction – r.n.				

Tabela 4. cd.  
Table 4. cont.

warstwa – layer (10–20 cm)				
Uprawa tradycyjna <i>Conventional tillage</i>	15,1	16,1	14,6	15,3
Uprawa tradycyjna + liście buraczane <i>Conventional tillage + sugar beet leaves</i>	18,3	19,7	15,8	17,9
Uprawa uproszczona + liście buraczane <i>Reduced tillage + sugar beet leaves</i>	18,2	18,7	19,3	18,7
Uprawa zerowa + liście buraczane <i>No-tillage + sugar beet leaves</i>	21,4	22,5	19,5	21,1
Średnio <i>Mean</i>	18,2	19,3	17,3	–
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> dla – for: sposobu uprawy – <i>tillage method</i> – 3,0; dawki azotu – <i>nitrogen rates</i> – r.n.; interakcji – <i>interaction</i> – r.n.				

niona od nawożenia azotowego, zaobserwowano jednak tendencję, że wraz ze wzrostem dawki azotu odporność agregatów na rozmywające działanie wody na ogół malała.

## DYSKUSJA

Przeprowadzone badania potwierdziły powszechnie uznawaną opinię dotyczącą niekorzystnego wpływu uprawy roli na jej strukturę. Zarówno w fazie krzewienia pszenicy, jak i dojrzałości pełnej najwyższy wskaźnik struktury (W) obserwowano w warunkach zaniechania uprawy roli i zastosowania siewu bezpośredniego. Również Wojciechowski i in. [2004] porównując trzy systemy uprawy roli stwierdzili, że najkorzystniej na wskaźnik W oddziałuje uprawa zerowa w mulcz z koniczyny białej. Z kolei Pagliai i in. [2004] oceniając różne sposoby uproszczeń w uprawie roli stwierdzili, że w porównaniu do uprawy tradycyjnej, zastosowanie uproszczeń w uprawie roli polegających na wykorzystaniu głębosza lub talerzówki korzystniej wpływało na wskaźniki struktury gleby. Autorzy dodają, że skutkiem polepszenia strukturalności gleb było mniejsze zaskorupienie roli.

Powszechnie uważa się także, że czynnikiem strukturotwórczym jest nawożenie organiczne. W badaniach własnych płytkie przyoranie liści buraka cukrowego przyczyniło się do istotnego wzrostu wskaźnika struktury w obu badanych warstwach. Także w pracy Waclawowicza [2007] i Waclawowicza i Parylak [2004] zaobserwowano, że plon uboczny buraka cukrowego wprowadzony do gleby za pomocą pługa sprzyjał poprawie badanego wskaźnika. Również Wojciechowski [2009] przyorując międzyplony potwierdził podobny kierunek zmian.

Ograniczenie uprawy roli pod pszenicę jarą istotnie wpłynęło również na stopień agregacji gleby. Istotnie większą średnią ważoną średnicę agregatów (MWDg) obserwowano po rezygnacji z uprawy płuznej na rzecz uproszczonej lub zerowej. Zależność tę odnotowano zarówno w fazie krzewienia, jak i dojrzałości pełnej pszenicy jarej. Również zdaniem Kordasa i in. [2000] zastosowanie siewu bezpośredniego sprzyja wzrostowi wskaźnika MWDg. Do podobnych wniosków doszli Jiao i in. [2006] uprawiając soję oraz kukurydzę w siewie bezpośrednim oraz konwencjonalnie. Autorzy obserwowali istotne zwiększenie wskaźnika MWD w uprawie



obu roślin uprawianych metodą siewu bezpośredniego w porównaniu do tradycyjnej uprawy roli. Taki sam kierunek zmian wykazał Carter [1992], w badaniach którego wskaźnik MWD w uprawie zerowej (3,52) był istotnie większy od oznaczanego w warunkach stosowania uprawy płużnej (2,46).

Poprawę agregacji gleby, szczególnie w warstwie 10–20 cm, obserwowano także pod wpływem wprowadzenia liści buraczanych do gleby. Opinię tę potwierdzono w badaniach Waclawowicza i Tendziagolskiej [2008], którzy zagospodarowując międzyplon ścierniskowy wraz z liśćmi buraczanymi stwierdzili wzrost wskaźnika MWDg średnio o 8,4%. Hermawan i Bomke [1997] zwracają uwagę, że wiosną wskaźnik MWD jest znacznie większy po wprowadzeniu do gleby międzyplonu ozimego, niż wtedy gdy zrezygnowano z przyorania nawozu zielonego. Autorzy wyjaśniają, że większa średnica agregatów po przyoraniu międzyplonu jest wynikiem wzrostu zawartości węgla organicznego w glebie. Z kolei Kordas i Majchrowski [2001] wskazują na brak zmian wskaźnika MWDg po zastosowaniu nawozu zielonego w formie międzyplonu ścierniskowego.

W badaniach własnych niekorzystny wpływ na średnicę agregatów wywarło zwiększone nawożenie azotowe. Po zastosowaniu 120 kg N·ha<sup>-1</sup> wskaźnik MWDg w warstwie 10–20 cm zmniejszył się o 8,1%. Również Parylak i Waclawowicz [2004] oraz Wojciechowski [2009] zaobserwowali tendencję, że wraz ze wzrostem dawki azotu średnica agregatów glebowych na ogół zmniejszała się. Šimanský i in. [2008] wyjaśniają, że spośród podstawowych nawozów mineralnych azot zastosowany w formie amonowej działa szczególnie niekorzystnie na strukturę gleby powodując jej rozmywanie.

O jakości struktury w znacznym stopniu decyduje jej odporność na destrukcyjne działanie wody. W badaniach własnych tylko uproszczenia w uprawie roli przyczyniły się do poprawy tej cechy. Po zastosowaniu kultywatora lub zaniechaniu uprawy roli wskaźnik Wod zwiększył się o 22–38 % w stosunku do stwierdzonego w uprawie orkowej. Także w badaniach Kordasa i in. [2000] przeprowadzenie siewu bezpośredniego pszenicy jarej przyczyniło się do wzrostu wskaźnika wodoodporności agregatów glebowych w warstwie 5–25 cm (o 35%) w porównaniu z uzyskanym w uprawie tradycyjnej. Z kolei w badaniach Kasper i in. 2009 w warunkach uprawy tradycyjnej i uproszczonej trwałość agregatów glebowych była zbliżona, podczas gdy zastosowanie bezpłużnej uprawy przyczyniło się do ponad dwukrotnego zwiększenia stabilności agregatów w porównaniu z tradycyjnym i uproszczonym systemem. Jest to zgodne z opinią wielu autorów, którzy twierdzą, że zmniejszenie intensywności uprawy prowadzi do zwiększenia stabilności agregatów [Alvaro-Fuentes i in. 2008, Hernanz i in. 2002, Six i in. 1998].

## WNIOSKI

1. Upraszczanie uprawy roli, a szczególnie jej zaniechanie i zastosowanie siewu bezpośredniego pszenicy jarej, wyraźnie sprzyjało agregacji struktury gleby wyrażonej wskaźnikiem W. Do wzrostu wskaźnika struktury przyczyniło się również wprowadzenie do gleby liści buraka cukrowego w ilości 40 t·ha<sup>-1</sup>.
2. Korzystny wzrost średniej ważonej średnicy agregatów (MWDg) obserwowano po zastosowaniu uproszczeń w uprawie roli polegających na zastąpieniu pługa kultywatorem oraz po całkowitym zrezygnowaniu z uprawy. Aplikacja 120 kg N·ha<sup>-1</sup> przyczyniła się natomiast do zmniejszenia wskaźnika MWDg, choć zależność tę udowodniono statystycznie tylko w warstwie 10–20 cm.
3. Ograniczenie intensywności uprawy roli wpłynęło istotnie na poprawę wodoodporności agregatów glebowych w porównaniu z uprawą konwencjonalną. W warstwie 0–10 cm

- najwyższy wskaźnik Wod obserwowano po zastosowaniu wiosną kultywatora, natomiast w warstwie 10–20 cm, jeśli pszenicę uprawiano w siewie bezpośrednim.
4. Zróźnicowanie wskaźników struktury gleby spowodowane czynnikami doświadczenia, szczególnie uprawa roli, obserwowane na początku wegetacji pszenicy jarej utrzymywało się na ogół do jej zbioru.

## PIŚMIENNICTWO

- Alvaro-Fuentes J., Arrue J.L., Cantero-Martínez C., Lopez M.V. 2008. **Aggregate breakdown during tillage in a Mediterranean loamy soil.** *Soil Till. Res.* 101: 62–68.
- Bronick C.J., R. Lal. 2005. **Soil structure and management: a review.** *Geoderma* 124: 3–22.
- Carter M.R. 1992. **Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of the surface soil in a humid climate.** *Soil Till. Res.* 23: 361–372.
- Hermawan B., Bomke A.A. 1997. **Effects of winter cover crops and successive spring tillage on soil aggregation.** *Soil Till. Res.* 44: 109–120.
- Hernanz J.L., Lopez, R., Navarrete L., Sanchez-Giron V. 2002. **Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain.** *Soil Till. Res.* 66: 129–141.
- Jiao Y., Whalen J.K., Hendershot W.H. 2006. **No-tillage and manure applications increase aggregation and improve nutrient retention in sandy-loam soil.** *Geoderma* 134: 24–33.
- Kasper M., Buchan G.D., Mentler A., Blum W.E.H. 2009. **Influence of soil tillage systems on aggregate stability and the distribution of C and N in different aggregate fractions.** *Soil Till. Res.* 105: 192–199.
- Kordas L., Majchrowski P. 2001. **Wpływ międzyplonu ścierniskowego i głęboszowania w uprawie buraka cukrowego na wskaźniki struktury gleby średniej.** *Zesz. Nauk. AR. Wrocław* 415, Rol. 80: 145–152.
- Kordas L., Waławowicz R., Białczyk W. 2000. **Wpływ systemów uprawy na wodoodporność agregatów glebowych.** *Inż. Rol.* 6: 147–152.
- Lenart S. 2008. **Wpływ sposobu użytkowania gruntów oraz stosowanej agrotechniki na strukturę gruzelkową gleby.** *Ochrona środowiska i zasobów naturalnych* 35/36:173–179.
- Pagliai M., Vignozzi N., Pellegrini S. 2004. **Soil structure and the effect of management practices.** *Soil Till. Res.* 79: 131–143.
- Paluszek J. 2011. **Kryteria oceny jakości fizycznej gleb uprawnych Polski.** *Acta Agrophys., Rozpr. Monogr.* 191: ss. 139.
- Paluszek J., Żembrowski W. 2008. **Ulepszanie gleb ulegających erozji w krajobrazie lessowym.** *Acta Agrophys., Rozpr. Monogr.* 164: ss. 160.
- Parylak D., Waławowicz R. 2004. **Wpływ nawożenia organicznego w trzecim roku po zastosowaniu oraz dawek azotu na wskaźniki struktury gleby średniej.** *Rocz. Glebozn.* 15(1): 193–201.
- Rewut I.B. 1980. **Fizyka gleby.** PWRiL Warszawa: ss. 384.
- Šimanský V., Tobiášova E., Chlpik J. 2008. **Soil tillage and fertilization of Orthic Luvisol and their influence on chemical properties, soil structure stability and carbon distribution in water-stable macro-aggregates.** *Soil Till. Res.* 100: 125–132.
- Six J., Elliot E.T., Paustian K., Doran J.W. 1998. **Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils.** *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 1367–1377.
- Suwara I. 2010. **Rola wieloletniego nawożenia w kształtowaniu wybranych właściwości gleby lekkiej ze szczególnym uwzględnieniem stosunków wodno-powietrznych.** *Rozpr. Nauk. Monogr., Wyd. SGGW Warszawa:* ss. 98.
- Tebrügge F., Düring R.-A. 1999. **Reducing tillage intensity – a review of results from a long-term study in Germany.** *Soil Till. Res.* 53:15–28.
- Turski M. 2010. **Wpływ sposobu użytkowania na trwałość agregatów gleby wytworzonej z lessu.** *Acta Agrophys.* 15(1): 197–203.

- Wacławowicz R. 2007. Wpływ zróżnicowanej uprawy roli i nawożenia liśćmi buraka cukrowego na wybrane wskaźniki struktury gleby pod pszenicą jarą. Zesz. Nauk. UP Wrocław 552, Inż. Rol. 6: 73–83.
- Wacławowicz R., Parylak D. 2004. Zmiany wybranych właściwości gleby średniej pod wpływem różnych systemów nawożenia organiczno-mineralnego. Ann. UMCS, Sec. E 59(3): 1345–1354.
- Wacławowicz R., Tendziagolska E. 2008. Długotrwałe oddziaływanie nawożenia organicznego i azotowego na wskaźniki struktury roli. Probl. Inż. Rol. 2: 81–90.
- Wojciechowski W. 2009. Znaczenie międzyplonów ścierniskowych w optymalizacji nawożenia azotem jakościowej pszenicy jarej. Wyd. UP Wrocław, Monogr. 76: ss. 122.
- Wojciechowski W., Wacławowicz R., Sowiński J. 2004. Wpływ zróżnicowanych systemów uprawy pszenicy ozimej na wybrane wskaźniki struktury gleby. Fragm. Agron. 21(3): 147–155.
- Yang X.-M., Wander M.M. 1998. temporal changes in dry aggregate size and stability: tillage and crop effects on a silty loam Mollisol in Illinois. Soil Till. Res. 49: 173–183.

R. WACŁAWOWICZ, D. PARYLAK, A. MAZIAREK

#### CHANGES IN SOIL STRUCTURE INDICES UNDER VARYING TILLAGE SYSTEMS IN SPRING WHEAT

##### Summary

In paper the effect of four methods of tillage (conventional, reduced and no-tillage) in spring wheat with ploughing down sugar beet leaves ( $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) and varying nitrogen fertilization on soil structure and dissolved water action was examined. The studies was carried out in 2009–2011 in Experimental Station “Swojec” belonging to University of Environmental and Life Sciences in Wrocław. Two factorial field experiment was conducted as split-plot method. Lack of tillage and using direct sowing of spring wheat favoured soil aggregation (index W). Also ploughing down sugar beet leaves ( $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) increased soil structure index. The most beneficial changes of mean weigh diameter of aggregates was observed after using simplifications in tillage consist in replacing of plough with cultivator and after total lack of tillage. Application of  $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  significantly decreased MWDg index – this relation was notices only in layer 10–20 cm. Limitation of tillage intensity improved water-stable of soil aggregates. In layer 0–10 cm the highest index of Wod was observed after using cultivator, while in layer 10–20 cm if wheat was grown under direct sowing.