

WPLYW KONSERWUJĄCEJ UPRAWY KUKURYDZY ORAZ ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA MINERALNEGO NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE GLEBY

PIOTR KUC¹

*Katedra Kształtowania Agroekosystemów i Terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
Pl. Grunwaldzki 24A, 50-363 Wrocław*

Synopsis. Badania przeprowadzono w latach 2008–2010 metodą losowanych podbloków (split-plot), w czterech powtórzeniach. Pierwszym czynnikiem był sposób uprawy roli. Na obiekcie A stosowano tradycyjną uprawę (orka przedzimowa, wiosną bronowanie i agregat uprawowy). Na obiekcie B zastosowano typową uprawę konserwującą: międzyplon ścierniskowy (gorczyca biała) pozostawiono do wiosny. W wariantcie C rozdrobnioną słomę przedplonową jesienią wymieszano z glebą kultywatorem podorywkowym. Na pozostałych obiektach uprawiano międzyplony ozime: wykę kosmatą (obiekt D) oraz żyto (obiekt E). Rośliny te wiosną zostały zdesygowane, a następnie na całym polu zastosowano agregat uprawowy. Drugim czynnikiem doświadczenia było nawożenie azotowo-potasowe: optymalne ($N = 150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $K = 110 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) oraz obniżone o 1/3 ($N = 100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $K = 73 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Najkorzystniejsze właściwości fizyczne gleby dla rozwoju kukurydzy miały poletka, na których zastosowano uprawę konserwującą z mulczem z wyki kosmatej. Międzyplon ten przyczynił się do obniżenia gęstości objętościowej i zwięzłości gleby oraz do poprawy warunków wilgotnościowych w warstwie 15–20 cm. Obniżenie nawożenia azotowo-potasowego przyczyniło się do istotnego wzrostu wilgotności i gęstości objętościowej, zmniejszenia porowatości oraz zwięzłości jedynie w warstwie 5–10 cm oznaczonych na początku wegetacji kukurydzy.

Słowa kluczowe: uprawa konserwująca, nawożenie azotem, nawożenie potasem, kukurydza, właściwości fizyczne gleby

WSTĘP

Uprawa konserwująca jest jedną z możliwości uproszczenia uprawy roli łączącą w sobie efekt ekonomiczny z działaniem proekologicznym, a także ochronnym w odniesieniu do gleby. System ten w Polsce ciągle ma małe znaczenie, jednak na świecie areał uprawiany w ten sposób jest znaczny i wynosi w przybliżeniu 100 milionów hektarów [Verch i in. 2009]. Jedną z zalet uprawy konserwującej jest ochrona gleby przed erozją wodną, co powoduje zmniejszenie się infiltracji składników pokarmowych do wód gruntowych [Tiessen i in. 2010]. Z doniesień literatury można wnioskować, że uproszczenia w uprawie roli, stosowane przez kilka lat prowadzą do zmian właściwości fizycznych gleby, zwłaszcza w wierzchniej warstwie. Jednak wyniki badań nie są w pełni jednoznaczne, gdyż reakcja na uproszczenia w znacznym stopniu uzależniona jest od rodzaju i kultury gleby. Wśród istotnych skutków uproszczonej uprawy autorzy wskazują zwiększenie gęstości objętościowej i wzrost zwięzłości [Blecharczyk i in. 2004, Dzieńka i Sosnowski 1989, Jaskulski i Jaskulska 2004, Machul 2007, Pabin i in. 2007, 2008, Włodek i in. 1999]. Ujemny wpływ uwidacznia się także w uwilgotnieniu gleby [Włodek i in. 2005]. Może jednak zaistnieć sytuacja, że uproszczenia nie wywołają istotnych różnic [Piskier 2006], a nawet korzystniej wpłyną na glebę.

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* piotr.kuc@up.wroc.pl

W literaturze wpływ uproszczeń w uprawie roli na właściwości fizyczne gleby jest dość dobrze i szczegółowo opisany, natomiast niewiele jest doniesień dotyczących wpływu nawożenia mineralnego na te właściwości, a wśród badaczy zajmujących się tym tematem nie ma pełnej zgodności. Zimny i in. [2005] stwierdzili, że wzrost intensywności nawożenia azotowego istotnie wpływa na zmiany właściwości fizycznych gleby. Potwierdzają to wyniki badań Waławowicza [2008], który wykazał, że wyższe dawki nawozów azotowych powodują zmniejszenie gęstości i porowatości ogólnej, natomiast nie wpływają na wilgotność gleby. Innego zdania, co do wpływu zróżnicowanego nawożenia na porowatość ogólną i kapilarną są Bujak i Frant [2005] wykazując, iż nie można jednoznacznie stwierdzić wpływu dawki nawozowej na zmiany tych parametrów.

Celem badań było poznanie wpływu różnych wariantów uprawy konserwującej oraz zróżnicowanego nawożenia azotem i potasem na zmiany właściwości fizycznych gleby w okresie wschodów oraz zbioru kukurydzy uprawianej na ziarno.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w rolniczym zakładzie doświadczalnym Swojec (51°07'N, 17°08'E) należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w latach 2008–2010 metodą losowanych podbloków (split-plot), w czterech powtórzeniach, na madzie rzecznej średniej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego, glebę tę zaliczono do klasy IVb, kompleksu żytniego dobrego. Pierwszym czynnikiem był sposób uprawy roli (tab. 1). Na obiekcie A stosowano tradycyjną uprawę (orka przedzimowa, wiosną bronowanie i agregat uprawowy). Na obiekcie B zastosowano klasyczną uprawę konserwującą: międzyplon ścierniskowy (gorczyca biała), który zimą przemarzł tworząc mulcz, pozostawiono do wiosny. W wariantcie C rozdrobnioną

Tabela 1. Schemat doświadczenia
Table 1. Scheme of the experiment

Nazwa obiektu – Name of treatment	
Czynnik I: Sposoby uprawy – Factor I: Variants of tillage	
A	Uprawa tradycyjna – kontrola Conventional tillage – control treatment
B	Uprawa konserwująca – międzyplon ścierniskowy pozostawiony do wiosny Conservation tillage – stubble catch crop left on the field surface until spring
C	Uprawa konserwująca – słoma przedplonowa wymieszana kultywátorem podorywkowym Conservation tillage – previous crop straw mixed with cultivator
D	Uprawa konserwująca – międzyplon ozimy (wyka ozima) pozostawiony do wiosny Winter catch crop (hairy vetch) left on the field surface until spring
E	Uprawa konserwująca – międzyplon ozimy (żyto ozime) pozostawiony do wiosny Conservation tillage – winter catch crop (winter rye) left on the field surface until spring
Czynnik II: Nawożenie NK – Factor II: NK fertilization	
1	Optymalne – Optimal: 150 kg N·ha ⁻¹ , 110 kg K·ha ⁻¹
2	Obniżone o 30% – Reduced by 30%: 100 kg N·ha ⁻¹ , 73 kg K·ha ⁻¹

słomę przedplonową jesienią wymieszano z glebą kultywatorem podorywkowym i pozostawiono do wiosny w formie mulczu. Na pozostałych dwóch obiektach uprawiano międzyplon ozimy: wykę ozimą (obiekt D) lub żyto (obiekt E). Rośliny te dwa tygodnie przed siewem zostały zdesygowane (Roundup Energy 450 SL w dawce 3 l/200 l wody·ha⁻¹), a następnie na całym polu zastosowano agregat uprawowy. Drugim czynnikiem doświadczenia było nawożenie azotem i potasem: 1 NK – optymalne (N – 150 kg, K – 110 kg), 2/3 NK – obniżone o 1/3 (N – 100 kg, K – 73 kg). Wszystkie zabiegi agrotechniczne, w tym siew, wykonywano tradycyjnymi narzędziami. Nawożenie fosforowe dostosowano do zasobności gleby.

Badania wykonano w warstwach 5–10 i 15–20 w dwóch powtórzeniach na każdym poletku. Wilgotność objętościową (cm³·100 cm⁻³), porowatość ogólną (cm³·100 cm⁻³) oraz gęstość objętościową gleby (Mg·m⁻³) określono dwukrotnie: w fazie wschodów kukurydzy oraz w okresie jej zbioru przy użyciu cylinderków Kopecky'ego o pojemności 100 cm³, metodą suszarkowo-wagową. Zwięzłość gleby oceniono w obu terminach badawczych za pomocą sondy elektrycznej (Penetrometr PAR-1) w warstwie 0–25 cm w 4 powtórzeniach na poletku.

Wyniki poddano analizie wariancji za pomocą programu AWA, istotność różnic oceniono testem Studenta przy przedziale ufności 0,95.

WYNIKI BADAŃ

Gęstość objętościowa gleby oznaczona w fazie wschodów kukurydzy była istotnie zależna od zastosowanych sposobów uprawy (tab. 2). W warstwie 5–10 cm wprowadzenie materii organicznej skutkowało zmniejszeniem wielkości omawianego parametru w porównaniu do obiektu kontrolnego. Najwyższą gęstość objętościową stwierdzono na poletkach uprawianych tradycyjnie, a najniższą po zastosowaniu mulczu ze słomy. Różnica między tymi obiektami wyniosła 4,4%. W warstwie 15–20 cm najwyższą wartość badanej cechy odnotowano na obiekcie uprawianym tradycyjnie, a także z mulczowaniem żytem ozimym, natomiast najniższą na

Tabela 2. Gęstość objętościowa gleby (Mg·m⁻³)

Table 2. Bulk density of soil (Mg·m⁻³)

Sposoby uprawy Variants of tillage (I)	Nawożenie – Fertilization (II)					
	wiosna – spring			jesień – autumn		
	1 NK	2/3 NK	średnio mean	1 NK	2/3 NK	średnio mean
5–10 cm						
A*	1,58	1,58	1,58	1,53	1,50	1,52
B	1,53	1,55	1,54	1,55	1,55	1,55
C	1,49	1,52	1,51	1,54	1,52	1,53
D	1,53	1,56	1,55	1,54	1,52	1,53
E	1,52	1,60	1,56	1,54	1,59	1,57
Średnio – Mean	1,53	1,56	–	1,54	1,54	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – 0,05; II – 0,02; IxII – r.n.			I – r.n.; II – r.n.; IxII – r.n.		

Tabela 2. cd.
Table 2. cont.

15–20 cm						
A	1,64	1,63	1,64	1,63	1,61	1,62
B	1,62	1,60	1,61	1,67	1,66	1,67
C	1,62	1,61	1,62	1,64	1,66	1,65
D	1,55	1,59	1,57	1,63	1,62	1,63
E	1,63	1,64	1,64	1,56	1,61	1,59
Średnio – Mean	1,61	1,61	–	1,63	1,63	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – 0,04; II – r.n.; IxII – r.n.			I – 0,04; II – r.n.; IxII – r.n.		

*objaśnienia w tabeli 1 – explanations in table 1
r.n. – różnica nieistotna – non significant difference

poletku z międzyplonem ozimym z wyki kosmatej. Różnica między tymi obiektami wyniosła 4,3%. Istotny wpływ dawki azotu i potasu udowodniono jedynie w pierwszym terminie badań w warstwie 5–10 cm. Obniżenie wielkości nawożenia wpłynęło na wzrost gęstości objętościowej gleby o 2,0% w porównaniu do obiektu, na którym zastosowano pełną dawkę. Nie udowodniono wpływu interakcji różnych sposobów uprawy oraz poziomów nawożenia azotem i potasem na zmiany gęstości objętościowej gleby, oznaczonej zarówno w fazie wschodów, jak i w okresie zbioru kukurydzy.

W okresie zbioru wykazano istotny wpływ sposobów uprawy roli na omawianą cechę fizyczną jedynie w warstwie 15–20 cm. Zastosowanie mulczu z gorczycy przyczyniło się do istotnego wzrostu gęstości objętościowej gleby o 1,9% w porównaniu do obiektu kontrolnego, zaś najmniejszą wartość omawianej cechy oznaczono na poletkach mulczowanych żytem, gdzie zaobserwowano wyraźnie zmniejszanie się gęstości objętościowej w trakcie wegetacji.

Wilgotność objętościowa gleby w fazie wschodów kukurydzy była istotnie zależna od sposobu uprawy roli (tab. 3). W warstwie 5–10 cm najwyższe uwilgotnienie obserwowano po za-

Tabela 3. Wilgotność objętościowa gleby (cm³·100 cm⁻³)
Table 3. Volumetric soil moisture in bulk (cm³·100 cm⁻³)

Sposoby uprawy Variants of tillage (I)	Nawożenie – Fertilization (II)					
	wiosna – spring			jesień – autumn		
	1 NK	2/3 NK	średnio mean	1 NK	2/3 NK	średnio mean
5–10 cm						
A*	13,7	14,2	14,0	9,8	10,9	10,4
B	14,5	14,8	14,7	12,5	12,8	12,7
C	14,5	15,6	15,1	12,3	12,2	12,3
D	15,4	15,5	15,5	11,9	12,1	12,0

Tabela 3. cd.
Table 3. cont.

E	14,8	16,5	15,7	12,7	12,4	12,6
Średnio – Mean	14,6	15,3	–	11,8	12,1	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – 1,0; II – 0,5; IxII – r.n.			I – 1,2.; II – r.n.; IxII – r.n.		
15–20 cm						
A	17,8	17,5	17,7	13,2	13,7	13,5
B	16,6	16,3	16,5	13,5	13,6	13,6
C	17,2	16,6	16,9	13,6	13,8	13,7
D	16,9	17,1	17,0	14,6	15,8	15,2
E	16,3	16,8	16,6	13,0	12,9	13,0
Średnio – Mean	17,0	16,9	–	13,6	14,0	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – r.n.; II – r.n.; IxII – r.n.			I – 0,9.; II – r.n.; IxII – r.n.		

*objaśnienia w tabeli 1 – explanations in table 1
r.n. – różnica nieistotna – non significant difference

stosowaniu mulczu z żyta. Wilgotność była wówczas o 12,1% wyższa niż na poletkach uprawianych tradycyjnie, gdzie odnotowano najniższą zawartość wody. Odwrotna zależność, jednak niepotwierdzona statystycznie, wystąpiła w głębszej warstwie (15–20 cm), gdzie najwyższą wilgotnością charakteryzowały się poletka uprawiane tradycyjnie. Istotny wpływ poziomu nawożenia azotem i potasem na wilgotność gleby stwierdzono jedynie w okresie wschodów w warstwie 5–10 cm. Zmniejszenie poziomu nawożenia przyczyniło się do obniżenia zawartości wody o 4,8% w odniesieniu do poletek nawożonych pełną dawką N i K.

Jesienią w warstwie 5–10 cm w warunkach uprawy tradycyjnej gleba charakteryzowała się najniższą wilgotnością. Zastosowanie różnych wariantów uprawy konserwującej przyczyniło się do wzrostu zawartości wody, a najkorzystniej (wzrost o 22,1% w porównaniu do kontroli) na omawiany parametr wpłynęło mulczowanie gorczycą. W głębszej z badanych warstw istotnie najwyższą wilgotnością, w porównaniu do pozostałych wariantów, charakteryzowały się poletka mulczowane międzyplonem z wyki. Różnica wyniosła 11,2% w porównaniu do kontroli i 14,5% w odniesieniu do gleby mulczowanej żytem, w której zawartość wody była najniższa.

Wiosną, w obu badanych warstwach, porowatość ogólna była istotnie zależna od zastosowanego systemu uprawy (tab. 4). Wykonanie orki przedzimowej spowodowało spadek porowatości ogólnej w odniesieniu do poletek z uprawą konserwującą. W warstwie 5–10 cm różnica wyniosła 7,2% w porównaniu do obiektu mulczowanego słomą, gdzie oznaczono najwięcej porów, a w warstwie głębszej 6,6% w odniesieniu do wariantu z międzyplonem z wyki. Zróżnicowane dawki azotu i potasu istotnie modyfikowały ilość porów jedynie w warstwie 5–10 cm oznaczonych w okresie wschodów. Obniżenie optymalnej dawki nawożenia o 30% skutkowało spadkiem porowatości ogólnej o 2,9%.

Porowatość ogólna w okresie zbioru kukurydzy była istotnie zróżnicowana jedynie w warstwie 15–20 cm sposobem uprawy. Najwięcej przestworów zawierała gleba mulczowana żytem, było ich o 3,2% więcej w porównaniu do kontroli, natomiast najniższą porowatością ogólną charakteryzował się obiekt z międzyplonem ścierniskowym (gorczyca). Wyniki badań włas-

Tabela 4. Porowatość ogólna gleby (cm³·100 cm⁻³)Table 4. Total porosity of soil (cm³·100 cm⁻³)

Sposoby uprawy Variants of tillage (I)	Nawożenie – Fertilization (II)					
	wiosna – spring			jesień – autumn		
	1 NK	2/3 NK	średnio mean	1 NK	2/3 NK	średnio mean
5–10 cm						
A*	39,0	38,8	38,9	40,9	42,2	41,6
B	40,9	40,0	40,5	40,2	40,1	40,2
C	42,4	41,4	41,9	40,7	41,2	41,0
D	40,8	39,8	40,3	40,5	41,2	40,9
E	41,3	38,4	39,9	40,5	38,7	39,6
Średnio – Mean	40,9	39,7	–	40,6	40,7	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – 1,9; II – 0,8; IxII – r.n.			I – r.n.; II – r.n.; IxII – r.n.		
15–20 cm						
A	36,7	36,9	36,8	37,1	38,0	37,6
B	37,3	38,4	37,9	35,7	36,1	35,9
C	37,3	37,7	37,5	36,6	35,9	36,3
D	40,1	38,6	39,4	37,2	37,3	37,3
E	37,2	37,8	37,5	39,7	37,9	38,8
Średnio – Mean	37,7	37,9	–	37,3	37,0	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – 1,5; II – r.n.; IxII – r.n.			I – 1,6.; II – r.n.; IxII – r.n.		

*objaśnienia w tabeli 1 – explanations in table 1

r.n. – różnica nieistotna – non significant difference

nych potwierdziły opinię o zależności gęstości gleby z porowatością ogólną. W obu terminach badań i warstwach wraz ze wzrostem porowatości gleby zmniejszała się jej gęstość.

Zastosowane modyfikacje uprawy roli oraz nawożenie mineralne, jak i współdziałanie tych czynników, wywołały wyraźne zmiany zwięzłości gleby (tab. 5a i 5b). W okresie wschodów w warstwie 0–5 cm nie stwierdzono istotnego wpływu czynników doświadczenia na zwięzłość gleby. W kolejnej warstwie (5–10 cm) najniższą zwięzłość gleby odnotowano na poletkach mulczowanych gorczycą, a najwyższą – po międzyplonie ozimym w postaci żyta. Począwszy od miąższości 10 do 25 cm występujące zależności były jednakowe. Najkorzystniej na zwięzłość wpłynęło zastosowanie wyki ozimej, natomiast mulcz z gorzycy jednoznacznie pogorszył omawiany parametr. Obniżenie nawożenia azotowo-potasowego przyczyniło się do istotnego spadku zwięzłości gleby tylko w warstwach 5–10 oraz 10–15 cm odpowiednio o 10,2 i 9,0% w odniesieniu do poletek nawożonych pełną dawką. Wiosną jedynie w warstwie 5–10 cm odnotowano istotną interakcję czynników doświadczenia. Najniższą zbitością charakteryzowała się gleba poletek mulczowanych gorczycą i nawożona obniżoną dawką azotu i potasu, natomiast

Tabela 5a. Zwięzłość gleby (MPa)
Table 5a. Soil compaction (MPa)

Sposoby uprawy Variants of tillage (I)	Nawożenie – Fertilization (II)					
	wiosna – spring			jesień – autumn		
	1 NK	2/3 NK	średnio mean	1 NK	2/3 NK	średnio mean
0–5 cm						
A*	0,18	0,12	0,15	0,14	0,08	0,11
B	0,19	0,16	0,18	0,15	0,21	0,18
C	0,16	0,20	0,18	0,11	0,26	0,19
D	0,19	0,21	0,20	0,12	0,22	0,17
E	0,16	0,24	0,20	0,30	0,16	0,23
Średnio – Mean	0,18	0,19	–	0,16	0,19	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – r.n.; II – r.n.; IxII – r.n.			I – 0,07; II – r.n.; IxII – 0,08		
5–10 cm						
A	1,45	1,06	1,26	1,61	1,40	1,51
B	1,20	1,05	1,13	1,48	1,42	1,45
C	1,15	1,20	1,18	1,63	1,62	1,63
D	1,25	1,37	1,31	1,64	1,36	1,50
E	1,22	1,21	1,22	1,77	1,63	1,70
Średnio – Mean	1,28	1,15	–	1,63	1,49	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – r.n.; II – 0,10; IxII – 0,23			I – r.n.; II – r.n.; IxII – r.n.		
10–15 cm						
A	2,94	2,27	2,61	3,78	3,00	3,39
B	3,23	2,83	3,03	3,48	3,50	3,49
C	2,99	3,05	3,02	3,55	3,34	3,45
D	2,33	2,16	2,25	2,96	2,79	2,88
E	2,91	2,81	2,86	3,57	3,47	3,52
Średnio – Mean	2,88	2,62	–	3,47	3,22	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – 0,35; II – 0,17; IxII – r.n.			I – 0,42; II – 0,19; IxII – r.n.		

*objaśnienia w tabeli 1 – explanations in table 1
r.n. – różnica nieistotna – non significant difference

najbardziej zbita gleba wystąpiła w warunkach uprawy tradycyjnej i pełnej dawki nawożenia, różnica między tymi obiektami wyniosła aż 38%.

W okresie zbioru do głębokości 15 cm (w warstwie 5–10 cm różnicy nie udowodniono statystycznie) najbardziej zbitą glebę charakteryzowały się poletka mulczowane żytem. Na głębokości 15–20 cm niekorzystnie na omawiany parametr wpłynęło zastosowanie ściółki ze słomy,

Tabela 5b. Zwięzłość gleby (MPa)

Table 5b. Soil compaction (MPa)

Sposoby uprawy Variants of tillage (I)	Nawożenie – Fertilization (II)					
	wiosna – spring			jesień – autumn		
	1 NK	2/3 NK	średnio mean	1 NK	2/3 NK	średnio mean
15–20 cm						
A*	3,27	2,73	3,00	4,18	4,00	4,09
B	3,81	3,53	3,67	4,17	3,98	4,08
C	3,71	3,68	3,70	4,46	4,16	4,31
D	2,86	2,80	2,83	3,41	3,54	3,48
E	3,44	3,52	3,48	4,07	4,23	4,15
Średnio – Mean	3,42	3,25	–	4,06	3,98	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – 0,43; II – r.n.; IxII – r.n.			I – 0,45; II – r.n.; IxII – r.n.		
20–25 cm						
A	3,72	3,52	3,62	5,13	4,65	4,89
B	3,85	3,68	3,77	4,38	4,42	4,40
C	3,53	3,64	3,59	4,22	4,15	4,19
D	3,05	2,74	2,90	3,62	3,06	3,34
E	3,54	3,68	3,61	4,17	4,16	4,17
Średnio – Mean	3,54	3,45	–	4,30	4,09	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – 0,38; II – r.n.; IxII – r.n.			I – 0,44.; II – r.n.; IxII – r.n.		
0–25 cm						
A	2,31	1,94	2,13	2,97	2,63	2,80
B	2,46	2,25	2,36	2,73	2,70	2,72
C	2,31	2,35	2,33	2,79	2,71	2,75
D	1,94	1,85	1,90	2,35	2,19	2,27
E	2,25	2,30	2,28	2,78	2,73	2,76
Średnio – Mean	2,26	2,13	–	2,72	2,59	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	I – 0,23; II – 0,10; IxII – 0,22			I – 0,23; II – 0,11; IxII – r.n.		

*objaśnienia w tabeli 1 – explanations in table 1

r.n. – różnica nieistotna – non significant difference

a w najgłębszej badanej warstwie (20–25 cm) – wykonanie orki przedzimowej. Najkorzystniej na omawiany parametr w warstwie 0–5 wpłynęło stosowanie uprawy tradycyjnej, w kolejnej warstwie, 5–10 cm, mulczu z gorczycy, natomiast od głębokości 10 do 25 cm najniższą zwięzłość odnotowano po zastosowaniu wyki kosmatej. W okresie zbioru istotny wpływ poziomu nawożenia stwierdzono jedynie w warstwie 10–15 cm, podobnie jak wiosną, zmniejszenie

nawożenia skutkowało obniżeniem zwięzłości gleby o 7,2% w porównaniu do poletek nawożonych zgodnie z zaleceniami. Istotną interakcję obu czynników doświadczenia odnotowano tylko w wierzchniej warstwie gleby (0–5 cm). Najniższą zwięzłością charakteryzowała się gleba uprawiana tradycyjnie i nawożona zmniejszoną o 1/3 dawką azotu i potasu. Jednak niskie wartości były wynikiem słabej struktury gleby na tym obiekcie. Natomiast po zastosowaniu uprawy konserwującej z wykorzystaniem mulczu z żyta zmierzono najwyższą wartość omawianego parametru. Różnica pomiędzy skrajnymi obiektami wyniosła 0,22 MPa.

W okresie wschodów, średnie wartości zwięzłości gleby w całej warstwie ornej były istotnie modyfikowane czynnikami doświadczenia, jak i ich interakcją. Najmniejszą zbitością gleby charakteryzował się obiekt mulczowany wyką, uzyskana wartość była mniejsza o 10,8% w odniesieniu do kontroli, natomiast najwyższe wartości zwięzłości odnotowano w warunkach uprawy konserwującej wykorzystującej gorczycę jako roślinę międzyplonową. Były one wyższe o 9,0% w odniesieniu do wyników uzyskanych po zastosowaniu tradycyjnej uprawy. Zmniejszenie nawożenia przyczyniło się do obniżenia zwięzłości gleby w warstwie 0–25 cm o 5,8% w porównaniu do wartości uzyskanych na optymalnie nawożonych poletkach. Analiza interakcji czynników doświadczenia wykazała, że najkorzystniej na zwięzłość gleby wpłynęło zastosowanie wyki w warunkach zmniejszonego nawożenia azotowo-potasowego, natomiast najwyższą zwięzłość odnotowano na poletkach mulczowanych gorczycą i nawożonych pełną dawką N i K.

Podobnie jak wiosną, w okresie zbioru kukurydzy zastosowanie mulczu z wyki ozimej przyczyniło się do zmniejszenia zwięzłości gleby o 18,9% w porównaniu do poletek uprawianych tradycyjnie, gdzie uzyskane wartości były najwyższe. Również i w omawianym terminie potwierdzono tendencję do zmniejszania się zwięzłości gleby pod wpływem obniżonego nawożenia. Statystycznie potwierdzona różnica między wariantami wyniosła 0,13 MPa. Najwyższy wzrost zwięzłości w trakcie wegetacji zaobserwowano na poletkach uprawianych tradycyjnie (0,67 MPa), a najmniejszy (0,36 MPa) po zastosowaniu gorczycy oraz (0,37 MPa) na poletkach mulczowanych wyką.

DYSKUSJA

Wprowadzenie mulczu we wszystkich wariantach uprawy konserwującej spowodowało zmniejszenie gęstości objętościowej gleby w porównaniu do uprawy tradycyjnej. Podobne wyniki otrzymała Czyż [2004]. Z kolei wyniki badań Pabina i in. [2007] nie potwierdziły istotnego wpływu mulczowania na gęstość gleby. W badaniach Majchrzaka i in. [2004] udowodniono wzrost gęstości objętościowej gleby wraz z trwaniem okresu wegetacji, natomiast w przeprowadzonym doświadczeniu nie odnotowano wzrostu wartości omawianej cechy.

W badaniach własnych stwierdzono istotny wpływ nawożenia NK na gęstość objętościową jedynie w okresie wschodów w warstwie 5–10 cm; w tych warunkach obniżenie nawożenia azotowo-potasowego przyczyniło się do wzrostu gęstości objętościowej. Waclawowicz [2008] wykazał spadek gęstości objętościowej wraz ze wzrostem dawki azotu. Odmienne wyniki badań uzyskali Patel i in. [1993], którzy stwierdzili, że w wyniku nawożenia azotem wzrasta gęstość gleby.

Wyniki badań Pabina i in. [2007] wskazują, że woda z opadów dłużej utrzymuje się w powierzchniowej warstwie gleby uprawianej systemem zerowym, niż w uprawie tradycyjnej. Znajduje to potwierdzenie w wynikach własnych, gdyż na obiekcie uprawianym tradycyjnie w warstwie 5–10 cm podczas oznaczania wiosennego stwierdzono najniższą wilgotność. Jaskulski i Jaskulska [2004] wykazali, że gorczyca obniża wilgotność gleby. Znajduje to potwierdzenie w wynikach badań własnych, jedynie wiosną, w warstwie 5–10 cm. Natomiast Waclawowicz

[2008] odnotował wzrost wilgotności po zastosowaniu gorczycy, a Majchrzak i Skrzypczak [2010] nie wykazali żadnego wpływu tej rośliny na badaną cechę.

Zastosowanie mulczu ze słomy przyczyniło się do niewielkiego zwiększenia wilgotności gleby tylko w warstwie 15–20 cm pod koniec okresu wegetacji. Zimny i in. [2005] stosując słomę jako nawóz naturalny przyorany z międzyplonem również odnotowali największe uwilgotnienie w omawianej warstwie gleby. Pabin i in. [2007, 2008] potwierdzają dodatni wpływ słomy na uwilgotnienie gleby, ale uprawianej systemem zerowym.

W badaniach własnych, tylko w okresie zbioru, w warstwie 5–10 cm, wykazano wzrost wilgotności gleby wywołany obniżeniem dawki azotu i potasu. Według Waclawowicza i Parylak [2004] oraz Wojciechowskiego [2009] nawożenie azotem na ogół nie wpływa na właściwości wodne gleb, natomiast w badaniach Koszańskiego i in. [1995], wykazano, że zastosowanie wyższych dawek azotu przyczynia się do zmniejszenia uwilgotnienia gleby.

Uproszczone sposoby uprawy zwiększyły ilość porów w glebie, co znajduje potwierdzenie w wynikach badań Kuca i Zimnego [2004], Owczarzaka i in. [2009]. W warstwie 5–10 cm największy wzrost wartości omawianego parametru wystąpił na poletkach mulczowanych słomą. Podobne wyniki uzyskali Zimny i in. [2005]. Dawka nawozów azotowo-potasowych nie miała istotnego wpływu na porowatość ogólną. Nieznaczny wzrost ujawnił się po zastosowaniu optymalnego nawożenia, co znajduje wyraz także w wynikach Waclawowicza [2008].

Uprawa konserwująca przyczyniła się do rozluźnienia gleby w fazie wschodów kukurydzy. Korzystny wpływ uwidocznił się po zastosowaniu międzyplonów, szczególnie gorczycy i wyki. Częściowe potwierdzenie tych spostrzeżeń znaleźć można w wynikach Dzieni i Sosnowskiego [1989], którzy wykazali zmniejszenie zwięzłości po uprawie międzyplonu, natomiast Majchrzak i Skrzypczak [2010] stwierdzili większą zbitość w uprawie płuźnej. Zmniejszenie dawek nawozowych na ogół sprzyjało obniżeniu zwięzłości gleby. Stoi to w sprzeczności z wynikami badań Zimnego i in. [2005], u których intensyfikacja nawożenia przyczyniła się do zmniejszenia zbitości gleby.

WNIOSKI

1. Najkorzystniejsze właściwości fizyczne dla rozwoju kukurydzy miały poletka, na których zastosowano uprawę konserwującą wykorzystującą mulcz z wyki kosmatej. Międzyplon ten przyczynił się do obniżenia gęstości objętościowej i zwięzłości gleby oraz do poprawy warunków wilgotnościowych w warstwie 15–20 cm.
2. Obniżenie nawożenia azotem i potasem przyczyniło się do wzrostu wilgotności i gęstości objętościowej, zmniejszenia porowatości oraz zwięzłości w warstwie 5–10 cm oznaczonych na początku wegetacji kukurydzy. W pozostałych warstwach oraz terminach nie udo- wodniono wpływu nawożenia na badanie właściwości fizyczne gleby.

PIŚMIENNICTWO

- Blecharczyk A., Małecka I., Skrzypczak G. 2004. Wpływ uproszczonej uprawy roli na plonowanie i zachwaszczenie kukurydzy oraz na właściwości gleby. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3: 157–163.
- Bujak K., Frant M. 2005. Wpływ zróżnicowanej uprawy roli i poziomu nawożenia mineralnego na zapas wody i niektóre fizyczne właściwości gleby w płodozmianie. *Acta Agrophys.* 6: 333–342.
- Czyż E. 2004. Wpływ systemów uprawy roli na uwilgotnienie i zagęszczenie gleby ciężkiej oraz plonowanie kukurydzy. *Fragm. Agron.* 21(3): 21–30.

- Dzienia S., Sosnowski A. 1989. Wpływ różnych systemów uprawy roli i nawożenia mineralnego na właściwości fizyczne gleby i plonowanie. Cz. I. Kukurydza pastewna. Roczn. Nauk Rol., Ser. A 108(1): 115–123.
- Jaskulski D., Jaskulska I. 2004. Wpływ nawożenia słomą, międzyplonów ścierniskowych i zróżnicowanej uprawy roli na niektóre właściwości gleby w ogniwie pszenica ozima – jęczmień jary. Acta. Sci. Pol., Agricultura 3: 151–163.
- Koszański Z., Kaczmarczyk S., Podsiadło C. 1995. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na pszenicę i pszenżyto ozime uprawiane na glebie kompleksu żytniego dobrego. Cz. 3. Gospodarka wodna oraz chemiczne właściwości gleby. Zesz. Nauk. AR Szczecin 165, Rol. 59: 51–56.
- Kuc P., Zimny L. 2004. Kształtowanie się właściwości fizycznych gleby pod wpływem zróżnicowanych systemów uprawy buraka cukrowego. Ann. UMCS, Sect. E Agricultura 59(3): 1129–1138.
- Machul M. 2007. Możliwości i skutki stosowania uproszczeń i siewu bezpośredniego w uprawie kukurydzy. Studia i raporty IUNG – PIB 9: 159–163.
- Majchrzak L., Skrzypczak G. 2010. Wpływ systemu uprawy roli oraz międzyplonu ścierniskowego na właściwości fizyczne gleby i plonowanie pszenicy jarej. Ann. UMCS, Sect. E Agricultura 65(2): 1–9.
- Majchrzak L., Skrzypczak G., Piechota T. 2004. Wpływ uproszczenia uprawy roli pod kukurydzą na fizyczne właściwości gleby. Fragm. Agron. 21(3): 107–119.
- Owczarzak W., Mocek A. 2009. Wpływ uproszczeń uprawowych w monokulturze kukurydzy na kształtowanie struktury poziomów wierzchnich gleby. Inż. Rol. 5: 219–228.
- Pabin J., Biskupski A., Włodek S. 2007. Niektóre właściwości fizyczne gleby i plonowanie roślin przy stosowaniu różnych form mulczowania i uprawy roli. Inż. Rol. 3: 143–149.
- Pabin J., Włodek S., Biskupski A. 2008. Niektóre uwarunkowania środowiskowe i produkcyjne przy stosowaniu uproszczonych sposobów uprawy roli. Inż. Rol. 1: 333–338.
- Patel M.L., Gami R.C., Patel P.V. 1993. Effect of farmyard manure and NPK fertilizers on bulk density of deep black soil under rice-wheat green gram rotation. Gujarat Agric. Univ. Res. J. 18(2): 109–111.
- Piskier T. 2006. Zmiany fizycznych właściwości gleby w następstwie uprawy bezorkowej. Inż. Rol. 4: 97–102.
- Tiessen K.H.D., Elliott J.A., Yarotski J., Lobb D.A., Flaten D.N., Glozier E. 2010. Conventional and conservation tillage: Influence on seasonal runoff, sediment and nutrient losses in the Canadian Prairies. J. Environ. Qual. 39: 963–980.
- Verch G., Kächele H., Höftl K., Richter C., Fuchs C. 2009. Comparing the profitability of tillage methods in Northeast Germany: a field trial from 2002 to 2005. Soil Till. Res. 104: 16–21.
- Wacławowicz R. 2008. Zmiany w siedlisku glebowym wywołane następczym wpływem nawożenia organicznego i azotowego. Probl. Inż. Rol. 2: 69–79.
- Wacławowicz R., Parylak D. 2004. Zmiany wybranych właściwości gleby średniej pod wpływem różnych systemów nawożenia organiczno-mineralnego. Ann. UMCS, Sect. E Agricultura 59(3): 1345–1354.
- Włodek S., Gierczyk T., Biskupski A. 2005. Efekty uproszczenia uprawy roli w monokulturze kukurydzy. Fragm. Agron. 22(2): 268–273.
- Włodek S., Pabin J., Biskupski A., Kaus A. 1999. Skutki uproszczeń uprawy roli w zmianowaniu. Fol. Univ. Agric. Stetin. 195, Agricultura 74: 39–46.
- Wojciechowski W. 2009. Znaczenie międzyplonów ścierniskowych w optymalizacji nawożenia azotem jakościowej pszenicy jarej. Wyd. UP Wrocław, Monogr. 76: ss. 122.
- Zimny L., Wacławowicz R., Malak D. 2005. Zmiany wybranych właściwości fizycznych gleby jako skutki zróżnicowanego nawożenia organicznego i mineralnego azotowego. Fragm. Agron. 22(1): 664–677.

P. Kuc

THE INFLUENCE OF MAIZE CONSERVATION TILLAGE AND MINERAL FERTILIZATION ON SELECTED PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL

Summary

The field trial was conducted in 2008–2010 using split-plot design with four replications. The main factor of the trial were the different conservation tillage systems. The conventional tillage (pre-winter ploughing, harrowing in the springtime and cultivation-sowing unit) was used on treatment A. The traditional conservation tillage – stubble catch crop (white mustard) left on the surface till the springtime was applied on treatment B. Variant C included chopped straw (from previous crop) mixed with soil by skimming cultivator. Winter catch crops (hairy vetch – treatment D) or winter rye (treatment E) grown on the rest treatments. These crops were desiccated and next the cultivation-sowing unit was used in the whole field. The subplot factor were two levels of nitrogen and potassium fertilization. A – optimal (150 kg N·ha⁻¹, 110 kg K·ha⁻¹, B – reduced by 30% (100 kg N·ha⁻¹, 73 kg K·ha⁻¹). The most favorable physical properties for corn development were on the plots with conservation tillage using hairy vetch mulch. This catch crop decreased bulk density and soil compaction and improved moisture conditions in 15–20 cm layer. The lower rates of nitrogen-potassium fertilization increased soil moisture and bulk density, decreased porosity and soil compaction in layer 5–10 cm marked at the beginning of corn growing season. The effect of fertilization on selected soil physical properties was insignificant for the rest of layers and the time of research.

Key words: conservation tillage, nitrogen fertilization, potassium fertilization, maize, soil physical properties

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 20.12.2013

Do cytowania – *For citation*:

Kuc P. 2014. Wpływ konserwującej uprawy kukurydzy oraz zróżnicowanego nawożenia mineralnego na wybrane właściwości fizyczne gleby. *Fragm. Agron.* 31(1): 32–43.