

Katedra Kształtowania Agroekosystemów i Terenów Zieleni,  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24 A, 50-363 Wrocław,  
e-mail: piotr.kuc@up.wroc.pl

PIOTR KUC, WIESŁAW WOJCIECHOWSKI, MARTYNA SZAŁATA

### **Wpływ zróżnicowanej uprawy roli i nawożenia organicznego stosowanych pod burak cukrowy na wybrane właściwości chemiczne gleby**

---

The influence of different tillage methods and organic fertilization  
applied for sugar beet on selected chemical soil properties

**Streszczenie.** Badania realizowano w latach 2002–2004 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym „Swojec”, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, w oparciu o dwuczynnikowe doświadczenie polowe. Czynnikiem I rzędu było nawożenie organiczne: międzyplon ścierniskowy uprawiany po uprzednio przyoranej słomie przedplonowej oraz bez słomy. Czynnikiem II rzędu była uprawa jesienno-wiosenna oraz nawożenie obornikiem; na trzech obiektach wykonano orkę przedzimową, na obiekcie 4 zastosowano orkę wiosenną, a na 5 uprawę konserwującą (międzyplon ścierniskowy pozostawiono do wiosny, przed siewem zastosowano bronę wirnikową). Nawożenie obornikiem zastosowano w wariantach 1 i 2 w dawkach odpowiednio 20 i 10 t·ha<sup>-1</sup>. Nawożenie buraka cukrowego biomasą międzyplonu ścierniskowego uprawianego po przyoranej słomie, w porównaniu z nawożeniem samym międzyplonem, na ogół przyczyniało się do poprawy zasobności gleby w makroelementy. Zmniejszenie dawki obornika z 20 do 10 t·ha<sup>-1</sup> nie wywołało istotnego spadku zawartości podstawowych składników mineralnych. W przypadku braku nawożenia naturalnego zastosowanie uprawy konserwującej korzystniej wpłynęło na zasobność gleby niż systemy wykorzystujące orkę.

**Słowa kluczowe:** burak cukrowy, systemy uprawy, uprawa konserwująca, właściwości chemiczne gleby

#### WSTĘP

Burak cukrowy należy do roślin, które korzystnie reagują na prawidłowe i racjonalne nawożenie organiczne i mineralne, jednocześnie jest to roślina, której uprawa powoduje redukcję zawartości substancji organicznej w glebie [Ćermak i Ciganek 2002, Klement i in. 2005]. Specjalizacja w produkcji rolniczej przyczyniła się do ograniczenia nawożenia

obornikiem, co skłoniło do poszukiwania alternatywnych form nawożenia organicznego. Obornik można zastąpić biomasą międzyplonów oraz słomą zbóż, które uzupełniają niedobór substancji organicznej w glebie [Zimny i in. 2005]. Ich stosowanie nie w pełni rekompensuje brak nawożenia naturalnego [Gutmański i Pikulik 1992a, Malicki i Michałowski 1994, Urbanowski i in. 1999], jednak może być bardzo dobrym uzupełnieniem mniejszych dawek obornika [Gutmański i in. 1998]. Prawidłowe nawożenie organiczne zazwyczaj powoduje wzrost zasobności gleby w makroelementy, jednak jego efektywność i dynamika zależą od zastosowanego systemu uprawy. Ze względu na możliwość obniżenia kosztów oraz funkcje ochronne coraz większego znaczenia nabiera system uprawy konserwującej. Za najważniejsze korzyści wynikające ze stosowania tej technologii uważa się ograniczenie erozji wietrznej i wodnej oraz zapobieganie wymywaniu składników mineralnych, powodujących zanieczyszczenie wód gruntowych, głównie azotanów [Kęsik 2005, Tiessen i in. 2010].

Celem badań było poznanie wpływu nawożenia organicznego oraz różnych sposobów jesienno-wiosennej uprawy roli pod buraka cukrowego na właściwości chemiczne gleby oraz ich zmiany w trakcie wegetacji.

#### MATERIAŁ I METODY

Badania realizowano w latach 2002–2004 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym „Swojec”, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, w oparciu o ściśle, dwuczynnikowe doświadczenie polowe, założone metodą split-plot w czterech powtórzeniach, na madzie rzecznej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego, zaliczonej do kompleksu żyniego bardzo dobrego. Przed założeniem doświadczenia gleba charakteryzowała się  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,6–5,8 i zawierała w warstwie ornej średnio  $1,09 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  azotu,  $131 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  fosforu i  $186 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  potasu.

Czynnikiem I rzędu było nawożenie organiczne (tab. 1). Na obiekcie A przyorywano słomę pszenicy ozimej w ilości  $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  z dodatkiem  $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  azotu w postaci saletry amonowej. Zarówno na obiekcie A, jak i B w różnych terminach zaorywano lub bronowano (obiekt 5) międzyplon ścierniskowy (gorczyca biała, odmiana *Salvo*). Czynnikiem II rzędu była zróżnicowana uprawa roli oraz nawożenie obornikiem. Jesienią na obiektach 1–3 wykonano orkę przedzimową na głębokość 25 cm, przykrywając międzyplon z obornikiem (obiekt 1 –  $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; obiekt 2 –  $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) lub sam międzyplon (obiekt 3). Na obiektach 4 i 5 gorczycę białą pozostawiano do wiosny w formie mulczu. Wiosną na obiekcie 4 wykonano orkę wiosenną na głębokość 15 cm. Następnie zastosowano bronę zębową (obiekty 1–3) lub wirnikową (obiekty 4 i 5).

Średnią ilość składników mineralnych wnoszonych wraz ze stosowanym nawożeniem naturalno-organicznym podano w tabeli 2. Zastosowano następujące dawki nawozów mineralnych:  $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $30 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$  (superfosfat potrójny 46%),  $100 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$  (sól potasowa 60%). Burak cukrowy odmiany Kujawska wysiewano sześciorzędowym mechanicznym siewnikiem punktowym w rozstawie  $45 \times 18 \text{ cm}$ . W okresie wegetacji stosowano pogłównie saletrę amonową 34% w ilości  $70 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

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

Czynnik Factor	Nazwa obiektu Name of treatment	
	pełna full name	skrótowa treatment symbol
Czynnik I. Nawożenie słomą i międzyplonem Factor I. Straw and stubble crop fertiliza- tion	A. Słoma przedplonowa + międzyplon ścierniskowy (gorczyca biała) Straw + stubble crop (white mustard)	st. + m. st. + s.c.
	B. Międzyplon ścierniskowy (gorczyca biała) Stubble crop (white mustard)	m. s.c.
Czynnik II. Sposoby uprawy Factor II. Tillage methods	1. Obornik 20 t·ha <sup>-1</sup> , ziębła 25 cm, brona zębowa Manure 20 t·ha <sup>-1</sup> , fall ploughing 25 cm, spike-tooth harrow	Ziębła <sup>++</sup> F. plough. <sup>++</sup>
	2. Obornik 10 t·ha <sup>-1</sup> , ziębła 25 cm, brona zębowa Manure 10 t·ha <sup>-1</sup> , fall ploughing 25 cm, spike-tooth harrow	Ziębła <sup>+</sup> F. plough. <sup>+</sup>
	3. Ziębła 25 cm, brona zębowa Fall ploughing 25 cm, spike-tooth harrow	Ziębła F. plough.
	4. Orka wiosenna 15 cm, brona wirnikowa + wał stru- nowy Spring ploughing 15 cm, rotary harrow + string roller	O. wios. Spr. plough
	5. Brona wirnikowa + wał strunowy Rotary harrow + string roller	Br., wał. H., st. r.

W terminie wschodów buraka cukrowego oraz w okresie jego zbioru za pomocą laski glebowej pobrano próby gleby z warstw 5–10, 10–15 oraz 20–25 cm, a następnie określono jej podstawowe właściwości chemiczne. Wartość pH gleby oznaczono potencjometrycznie w 1 M roztworze KCl (PN-ISO 10390), zawartość węgla organicznego – metodą kolorymetryczną Westerhoffa, azotu ogólnego – metodą Kjeldahla w modyfikacji Parnas-Wagnera (PN-ISO 11261) oraz przyswajalnych form fosforu i potasu – metodą Egnera-Riehma (PN-R-040023).

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji dla doświadczeń dwuczynnikowych w układzie split-plot. Wyliczając przedział ufności dla zróżnicowań międzyobiektowych ( $NIR_{p=0,05}$ ) korzystano z rozkładu t-Studenta.

Tabela 2. Ilość makroelementów wprowadzona do gleby w nawozach naturalnych i organicznych (średnie z lat 2002–2004)  
 Table 2. Amount of macro-elements implemented to the soil with organic fertilizers (means for years 2002–2004)

Nawóz organiczny lub naturalny	Ilość (t·ha <sup>-1</sup> )	N	P	K
		kg·ha <sup>-1</sup>		
Obornik	10	95,0	9,1	101,0
	20	47,5	4,6	50,1
Gorzycza biała	4,4	31,5	16,5	65,0
Słoma	5	75,6	12,3	129,3

Warunki pogodowe w latach 2001–2004 były zróżnicowane i w niektórych okresach odbiegały od przeciętnych w regionie. Średnie temperatury powietrza całego analizowanego okresu w każdym z 3 cykli badań były wyższe od średnich temperatur z ostatnich 33 lat w analogicznym okresie odpowiednio o 1,1, 0,4 i 0,7°C. Natomiast sumy opadów w tym czasie były niższe odpowiednio o 25,5, 83,4 i 111,3 mm w porównaniu ze średnimi z wielolecia za analogiczny okres.

#### WYNIKI

Zastosowanie różnych systemów uprawy oraz nawożenia naturalnego i organicznego wywarło zróżnicowany wpływ na właściwości chemiczne gleby.

W przeprowadzonym doświadczeniu odczyn gleby był lekko kwaśny. Pozostawienie słomy i uprawa międzyplonu ścierniskowego, w stosunku do poletek nawożonych biomasą międzyplonu, spowodowały obniżenie wartości  $pH_{KCl}$  gleby w okresie wschodów w każdej z badanych warstw, które wyniosło od 0,4 w warstwie 5–10 cm do 0,1 w warstwie 20–25 cm (tab. 3). Jednak istotność różnic udowodniono jedynie dla środkowej warstwy. Pod koniec wegetacji różnice odczynu między omawianymi obiektami zmalały i nie przekraczały 0,1.

W okresie wschodów buraka cukrowego zaobserwowano większe zróżnicowanie odczynu gleby spowodowane zastosowanym sposobem uprawy i nawożeniem naturalnym niż jesienią, w okresie zbioru. Wiosną w warstwie 10–15 cm istotnie najniższą wartością  $pH_{KCl}$  charakteryzowały się poletka uprawiane tradycyjnie i nienawożone obornikiem (podobna zależność wystąpiła w przedziale 5–10 cm, jednak niepotwierdzona statystycznie). W pozostałych warstwach nie udowodniono wpływu systemu uprawy na omawianą cechę.

W okresie zbioru buraka gleba na wszystkich poletkach charakteryzowała się optymalnym odczynem dla jego wzrostu i rozwoju. Nie stwierdzono istotnych różnic pH gleby wywołanych zróżnicowaną uprawą przedsięwną i nawożeniem naturalnym. Można jednak zaobserwować tendencję do zwiększenia wartości pH po zastosowaniu ziemi przykrywającej 20 t·ha<sup>-1</sup> obornika oraz do jej zmniejszenia w warunkach uprawy konserwującej.

Nawożenie słomą i biomasą gorzycy białej, w porównaniu z nawożeniem samym międzyplonem, przyczyniło się do zwiększenia zawartości węgla organicznego w każdej badanej warstwie zarówno w terminie wschodów, jak i zbioru buraka cukrowego, jednak tylko jesienią w warstwie 10–15 cm wzrost, który wyniósł 0,9 g·kg<sup>-1</sup>, był statystycznie istotny (tab. 4).

Tabela 3. pH gleby (średnie z lat 2002–2004)  
Table 3. pH reaction of the soil (means for years 2002–2004)

Sposoby uprawy Variants of tillage	W okresie wschodów During emergence			W okresie zbioru During harvest		
	sł. + m. st. + s.c.	m. s.c.	średnie means	sł. + m. st. + s.c.	m. s.c.	średnie means
	5–10 cm					
Ziębła <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	5,4	6,1	5,8	6,1	5,9	6,0
Ziębła <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	5,7	6,1	5,9	5,9	5,9	5,9
Ziębła/F. plough.	5,5	5,6	5,6	5,9	5,8	5,9
O. wios./Spr. plough	5,4	6,1	5,8	5,5	6,0	5,8
Br., wał./H., st. r.	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Średnie/Means	5,5	5,9	–	5,8	5,9	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.			I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.		
	10–15 cm					
Ziębła <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	5,5	6,0	5,8	6,0	5,9	6,0
Ziębła <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	5,6	6,0	5,8	5,8	5,9	5,9
Ziębła/F. plough.	5,3	5,5	5,4	5,7	5,6	5,7
O. wios./Spr. plough	5,5	5,9	5,7	5,7	6,1	5,9
Br., wał./H., st. r.	5,6	5,6	5,6	5,6	5,7	5,7
Średnie/Means	5,5	5,8	–	5,8	5,8	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – 0,2; II – 0,2; I × II – r.n.			I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.		
	20–25 cm					
Ziębła <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	5,4	6,0	5,7	6,0	5,8	5,9
Ziębła <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	5,6	5,9	5,8	5,9	5,8	5,9
Ziębła/F. plough.	6,1	5,8	6,0	6,0	5,7	5,9
O. wios./Spr. plough	5,7	5,8	5,8	5,7	5,9	5,8
Br., wał./H., st. r.	5,6	5,6	5,6	5,7	5,7	5,7
Średnie/Means	5,7	5,8	–	5,9	5,8	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.			I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.		

r.n. – różnica nieistotna/not significant differences (tab. 1–7)

Sposoby uprawy roli oraz nawożenie obornikiem nie miały istotnego wpływu na zawartość węgla organicznego w glebie, oznaczoną wiosną i jesienią. Jedynie w warstwie 10–15 cm, w okresie wschodów buraka cukrowego, ilość tego pierwiastka zależała istotnie od współdziałania czynników. Po zastosowaniu słomy oraz międzyplonu ścierniskowego najwięcej węgla oznaczono na poletkach zaoranych ziebłą przykrywającą 20 t·ha<sup>-1</sup> obornika, natomiast gdy nie stosowano słomy – to po wykonaniu orki wiosennej. W trakcie wegetacji buraka cukrowego średnia zawartość węgla organicznego w glebie uległa zmniejszeniu o 0,35 g·kg<sup>-1</sup>.

Tabela 4. Zawartość węgla organicznego w glebie ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (średnie z lat 2002–2004)  
 Table 4. Content of organic-C in the soil ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (means for years 2002–2004)

Sposoby uprawy Variants of tillage	W okresie wschodów During emergence			W okresie zbioru During harvest		
	śł. + m. st. + s.c.	m. s.c.	średnie means	śł.+ m. st. + s.c.	m. s.c.	średnie means
	5–10 cm					
Ziębła <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	11,6	10,9	11,3	11,9	10,9	11,4
Ziębła <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	11,1	11,1	11,1	11,3	10,6	11,0
Ziębła/F. plough.	11,3	10,6	11,0	11,6	10,9	11,3
O. wios./Spr. plough.	11,0	10,5	10,8	11,8	10,7	11,3
Br., wał./H., st. r.	11,4	10,8	11,1	11,0	10,6	10,8
Średnie/Means	11,3	10,8	–	11,5	10,7	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.			I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.		
	10–15 cm					
Ziębła <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	11,6	10,4	11,0	12,8	11,1	12,0
Ziębła <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	11,3	10,5	10,9	12,3	10,5	11,4
Ziębła/F. plough.	11,4	10,4	10,9	11,2	10,9	11,1
O. wios./Spr. plough.	11,0	11,3	11,2	11,2	11,0	11,1
Br., wał./H., st. r.	10,7	11,1	10,9	11,0	10,5	10,8
Średnie/Means	11,2	10,7	–	11,7	10,8	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – r.n.; I × II – 0,7			I – 0,4; II – r.n.; I × II – r.n.		
	20–25 cm					
Ziębła <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	12,8	11,2	12,0	11,4	10,2	10,8
Ziębła <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	11,8	11,4	11,6	11,4	10,9	11,2
Ziębła/F. plough.	11,6	11,1	11,4	11,0	10,9	11,0
O. wios./Spr. plough.	10,8	11,4	11,1	10,8	10,5	10,7
Br., wał./H., st. r.	12,5	11,1	11,8	10,7	10,5	10,6
Średnie/Means	11,9	11,2	–	11,1	10,6	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.			I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.		

Tabela 5. Zawartość azotu ogólnego w glebie ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (średnie z lat 2002–2004)  
 Table 5. Content of total nitrogen in the soil ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (means for years 2002–2004)

Sposoby uprawy Variants of tillage	W okresie wschodów During emergence			W okresie zbioru During harvest		
	śł. + m. st. + s.c.	m. s.c.	średnie means	śł. + m. st. + s.c.	m. s.c.	średnie means
	5–10 cm					
Ziębla <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	0,97	1,24	1,11	0,93	1,07	1,00
Ziębla <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	1,02	1,17	1,10	1,00	1,00	1,00
Ziębla/F. plough.	1,06	1,13	1,10	1,01	1,04	1,03
O. wios./Spr. plough.	1,10	1,07	1,09	0,99	1,00	1,00
Br., wał./H., st. r.	1,07	1,13	1,10	0,87	0,99	0,93
Średnie/Means	1,04	1,15	–	0,96	1,02	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – r.n.; I × II – 0,18			I – 0,06; II – r.n.; I × II – r.n.		
	10–15 cm					
Ziębla <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	0,95	1,15	1,05	0,96	1,03	1,00
Ziębla <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	1,02	1,15	1,09	0,91	1,03	0,97
Ziębla/F. plough.	1,12	1,15	1,14	0,95	0,97	0,96
O. wios./Spr. plough.	1,08	1,05	1,07	1,01	1,00	1,01
Br., wał./H., st. r.	1,22	1,15	1,19	1,06	1,01	1,03
Średnie/Means	1,08	1,13	–	0,98	1,01	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – 0,04; II – 0,1; I × II – 0,13			I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.		
	20–25 cm					
Ziębla <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	1,01	1,19	1,10	1,08	1,04	1,06
Ziębla <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	1,07	1,09	1,08	1,11	1,01	1,06
Ziębla/F. plough.	1,07	1,16	1,12	0,97	1,01	0,99
O. wios./Spr. plough.	1,07	1,04	1,06	1,01	0,98	1,00
Br., wał./H., st. r.	1,05	1,13	1,09	0,87	0,92	0,90
Średnie/Means	1,05	1,12	–	1,01	0,99	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.			I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.		

Przyoranie słomy pod uprawę gorczycy międzyplonowej, w porównaniu z poletkami nawożonymi samym międzyplonem, przyczyniło się do istotnego obniżenia o 4,6% zawartości azotu ogólnego oznaczonej wiosną w warstwie 10–15 cm (tab. 5). Podobna, lecz nieudowodniona tendencja wystąpiła również w pozostałych warstwach. Prawdopodobnie w warunkach przeprowadzonego doświadczenia dodatek 50 kg·ha<sup>-1</sup> azotu, wspomagający mineralizację słomy, okazał się niewystarczający. W okresie zbioru na poletkach nawożonych słomą i międzyplonem zawartość azotu była w przedziale 5–10 cm o 5,9% niższa w odniesieniu do wariantu nawożonego tylko biomasa gorczycy. W pozostałych warstwach nie odnotowano istotnego wpływu pierwszego czynnika doświadczenia na omawiany parametr.

Zawartość azotu ogólnego była istotnie modyfikowana zastosowanym systemem uprawy tylko w fazie wschodów w warstwie 10–15 cm. Najwięcej tego składnika oznaczono w warunkach uprawy konserwującej, a najmniej po wykonaniu ziębli przykrywającej 20 t·ha<sup>-1</sup> obornika. Różnica między tymi obiektami wyniosła 11,8%. W pozostałych warstwach i terminach nie zaobserwowano jednoznacznych zależności, a występujące różnice nie były statystycznie istotne.

Zastosowane czynniki na ogół nie miały istotnego wpływu na stosunek C : N w glebie (tab. 6). W terminie wschodów w warstwie 5–10 cm odnotowano istotne współdziałanie nawożenia słomą i sposobu uprawy roli. W przypadku obiektu uprawianego tradycyjnie i nawożonego 20 t·ha<sup>-1</sup> obornika rezygnacja z nawożenia słomą przyczyniła się do redukcji stosunku C : N o 27,3%. W okresie zbioru przyoranie słomy pod uprawę międzyplonu ścierniskowego istotnie zwiększyło stosunek C : N tylko w warstwie 5–10 cm, o 14,2% w porównaniu z poletkami z samą gorczycą. Nie wykazano wpływu sposobu uprawy i nawożenia obornikiem na omawiany parametr.

Nawożenie słomą i biomasa gorczycy białej wpłynęło na wzrost zawartości przyswajalnych form fosforu o 15,9% w okresie wiosennym w warstwach 10–15 cm oraz 20–25 cm w odniesieniu do poletek z przyoraniem samym międzyplonem. Podobny kierunek zmian zaobserwowano w pozostałych warstwach i terminach badań, jednak tych zależności nie udowodniono statystycznie (tab. 7).

Sposób uprawy przedsiwnej oraz nawożenie obornikiem miały istotny wpływ na zawartość fosforu przyswajalnego w glebie jedynie w warstwie 10–15 cm w obu terminach badań. Wiosną największą koncentracją fosforu charakteryzowała się gleba uprawiana tradycyjnie i nawożona 20 t·ha<sup>-1</sup> obornika, zaś najmniej tego składnika oznaczono w glebie poletek ze zmniejszoną do 10 t·ha<sup>-1</sup> dawką nawozu naturalnego. Inne zależności wystąpiły w okresie zbioru buraka cukrowego. Najmniej fosforu w warstwie 10–15 cm oznaczono w warunkach uprawy tradycyjnej połączonej z nawożeniem 20 t·ha<sup>-1</sup> obornika, zaś najwięcej – po wykonaniu ziębli, bez nawożenia naturalnego. Różnica między tymi wariantami wyniosła aż 19,6%.

Znaczący wpływ na zawartość fosforu w warstwie 10–15 cm miało również współdziałanie czynników doświadczenia. Zarówno w okresie wschodów, jak i zbioru wykazano, że w warunkach uprawy tradycyjnej, ale bez nawożenia obornikiem, zastosowanie nawożenia słomą i biomasa międzyplonu, w porównaniu z nawożeniem wyłącznie międzyplonem, pozwala na zwiększenie koncentracji fosforu przyswajalnego o 26,7% wiosną i 15,6% jesienią.



Tabela 6. Stosunek C : N w glebie (średnie z lat 2002–2004)  
 Table 6. C : N ratio in the soil (means for years 2002–2004)

Sposoby uprawy Variants of tillage	W okresie wschodów During emergence			W okresie zbioru During harvest		
	śl. + m. st. + s.c.	m. s.c.	średnie means	śl. + m. st. + s.c.	m. s.c.	średnie means
	5–10 cm					
Ziębla <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	12,1	8,8	10,4	12,9	10,2	11,6
Ziębla <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	10,9	9,5	10,2	11,4	10,8	11,1
Ziębla/F. plough.	10,6	9,5	10,1	11,5	10,5	11,0
O. wios./Spr. plough.	10,0	9,9	9,9	11,9	10,7	11,3
Br., wał./H., st. r.	10,6	9,6	10,1	12,7	10,7	11,7
Średnie/Means	10,8	9,4	–	12,1	10,6	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – r.n.; I × II – 1,4			I – 0,9; II – r.n.; I × II – r.n.		
	10–15 cm					
Ziębla <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	12,2	9,0	10,6	13,7	10,9	12,3
Ziębla <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	11,1	9,2	10,1	15,2	10,2	12,7
Ziębla/F. plough.	10,1	9,1	9,6	12,3	11,3	11,8
O. wios./Spr. plough.	10,4	10,8	10,6	11,1	10,9	11,0
Br., wał./H., st. r.	8,7	9,7	9,2	10,4	10,4	10,4
Średnie/Means	10,5	9,6	–	12,5	10,7	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.			I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.		
	20–25 cm					
Ziębla <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	12,9	9,8	11,3	10,5	10,0	10,3
Ziębla <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	11,1	10,4	10,8	10,3	10,7	10,5
Ziębla/F. plough.	10,9	9,7	10,3	11,8	10,8	11,3
O. wios./Spr. plough.	10,2	10,9	10,6	10,9	10,9	10,9
Br., wał./H., st. r.	11,8	10,1	11,0	15,0	12,0	13,5
Średnie/Means	11,4	10,2	–	11,7	10,9	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.			I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.		

Tabela 7. Zawartość fosforu przyswajalnego w glebie ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (średnie z lat 2002–2004)  
 Table 7. Content of available phosphorus ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (means for years 2002–2004)

Sposoby uprawy Variants of tillage	W okresie wschodów During emergence			W okresie zbioru During harvest		
	śł. + m. st. + s.c.	m. s.c.	średnie means	śł. + m. st. + s.c.	m. s.c.	średnie means
	5–10 cm					
Ziębła <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	103,8	95,0	99,4	115,8	96,6	106,2
Ziębła <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	85,5	94,3	89,9	85,6	82,6	84,1
Ziębła/F. plough.	97,7	89,3	93,5	97,5	83,8	90,7
O. wios./Spr. plough.	95,0	97,9	96,5	95,1	94,5	94,8
Br., wał./H., st. r.	113,1	92,2	102,7	93,2	95,0	94,1
Średnie/Means	99,0	93,7	–	97,4	90,5	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.			I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.		
	10–15 cm					
Ziębła <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	95,0	113,1	104,1	79,4	95,8	87,6
Ziębła <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	100,8	84,0	92,4	91,5	100,3	95,9
Ziębła/F. plough.	112,5	88,8	100,7	112,4	97,2	104,8
O. wios./Spr. plough.	109,2	94,0	101,6	108,2	89,4	98,8
Br., wał./H., st. r.	95,0	95,0	95,0	98,7	91,2	95,0
Średnie/Means	106,5	91,0	–	98,0	94,8	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – 10,7; II – 9,7; I × II – 17,3			I – r.n.; II – 9,6; I × II – 13,6		
	20–25 cm					
Ziębła <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	119,2	106,9	113,1	79,4	85,1	82,3
Ziębła <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	110,0	89,3	99,7	98,4	71,6	85,0
Ziębła/F. plough.	119,3	95,0	107,2	92,8	81,3	87,1
O. wios./Spr. plough.	89,3	92,2	90,8	81,2	78,6	79,9
Br., wał./H., st. r.	106,8	86,7	96,8	81,6	75,9	78,8
Średnie/Means	108,9	94,0	–	86,7	78,5	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – 3,9; II – r.n.; I × II – r.n.			I – r.n.; II – r.n.; I × II – r.n.		

Tabela 8. Zawartość potasu przyswajalnego w glebie ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (średnie z lat 2002–2004)  
 Table 8. Content of available potassium ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (means for years 2002–2004)

Sposoby uprawy Variants of tillage	W okresie wschodów During emergence			W okresie zbioru During harvest		
	śł. + m. st. + s.c.	m. s.c.	średnie means	śł. + m. st. + s.c.	m. s.c.	średnie means
	5–10 cm					
Ziębła <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	222	240	231	226	228	227
Ziębła <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	201	169	185	208	190	199
Ziębła/F. plough.	157	150	153	160	163	161
O. wios./Spr. plough.	163	190	177	162	191	177
Br., wał./H., st. r.	190	152	171	206	185	196
Średnie/Means	187	180	–	192	191	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – 13,3; I × II – 18,7			I – r.n.; II – 29,1; I × II – r.n.		
	10–15 cm					
Ziębła <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	228	221	224	266	216	241
Ziębła <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	222	217	220	238	216	227
Ziębła/F. plough.	183	175	179	211	158	185
O. wios./Spr. plough.	157	158	158	146	145	146
Br., wał./H., st. r.	170	156	163	163	134	149
Średnie/Means	192	185	–	205	174	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – 14,6; I × II – r.n.			I – 5,0; II – 36,6; I × II – r.n.		
	20–25 cm					
Ziębła <sup>++</sup> /F. plough. <sup>++</sup>	250	251	251	230	216	223
Ziębła <sup>+</sup> /F. plough. <sup>+</sup>	243	254	248	196	185	191
Ziębła/F. plough.	253	184	218	214	156	185
O. wios./Spr. plough.	157	166	161	163	155	159
Br., wał./H., st. r.	163	161	162	146	151	148
Średnie/Means	213	203	–	190	173	–
NIR <sub>0,05</sub> /LSD <sub>0,05</sub>	I – r.n.; II – 22,9; I × II – 32,5			I – r.n.; II – 32,7; I × II – r.n.		

Pozytywne działanie słomy na zasobność gleby w makroelementy ujawniło się również w przypadku zawartości potasu przyswajalnego (tab. 7, 8). Była ona większa w obu terminach i we wszystkich badanych warstwach, jednak istotność różnic stwierdzono jedynie w przedziale 10–15 cm w okresie zbioru. Wprowadzenie do gleby biomasy gorczyicy białej uprawianej po przyoranej słomie przyczyniło się do wzrostu zawartości potasu o 17,8% w odniesieniu do poletek z samą gorczycą.

We wszystkich warstwach oraz w obu terminach badań zawartość potasu w glebie była istotnie zależna od sposobu uprawy roli i nawożenia obornikiem. W okresie wschodów największą koncentracją potasu charakteryzowały się poletka uprawiane tradycyjnie i nawożone 20 t·ha<sup>-1</sup> obornika. W warstwach 10–15 cm oraz 20–25 cm obniżenie dawki nawozu naturalnego do 10 t·ha<sup>-1</sup> przyczyniło się do niewielkiego i statystycznie nieistotnego spadku zawartości omawianego składnika. Na obiektach nienawożonych obornikiem najmniej potasu w warstwie 5–10 cm oznaczono w glebie poletek zaoranych jesienią, a w przedziałach 10–15 i 20–25 cm po zastosowaniu orki wiosennej.

W okresie zbioru buraka cukrowego we wszystkich badanych warstwach istotnie największą zasobnością w potas charakteryzowały się poletka uprawiane tradycyjnie i nawożone obornikiem w dawce 20 t·ha<sup>-1</sup>. W przypadku obiektów bez nawożenia naturalnego występujące zależności zależały od poziomu gleby. W warstwie najpłytszej największą koncentracją potasu charakteryzował się obiekt z uprawą konserwującą, a najmniejszą po wykonaniu ziębli, różnica między tymi wariantami wyniosła 17,9%. Odwrotne wyniki uzyskano w warstwie 20–25 cm, gdzie najbardziej zasobna w potas była gleba uprawiana tradycyjnie, a najmniej – w warunkach uprawy konserwującej. Istotna różnica między tymi obiektami wyniosła 20%.

#### DYSKUSJA

Poglądy na temat wpływu uproszczeń uprawy roli na pH są rozbieżne. Rasmussen [1999], Rajewski i in. [2012], Kordas [2000] wykazali obniżenie wartości pH, natomiast Cudzik

i in. [2011] oraz Šimanský i in. [2008] wzrost odczynu w uproszczonych systemach uprawy. W przeprowadzonym doświadczeniu nie wykazano negatywnego wpływu uprawy konserwującej na stan zakwaszenia gleby. Odczyn gleby był w niewielkim stopniu kształtowany pod wpływem uprawy roli oraz nawożenia słomą. Podobne wyniki uzyskała Stochalska [2011].

Nawożenie obornikiem oraz innymi materiałami organicznymi zazwyczaj prowadzi do wzrostu zawartości próchnicy [Blecharczyk i in. 2000, Kuszelewski 1993, Piechota i in. 2000]. Zjawiska tego nie udowodniono w badaniach własnych, zaobserwowano jedynie zazwyczaj nieudowodnioną tendencję do wzrostu zawartości węgla organicznego pod wpływem nawożenia słomą. Pozytywny wpływ jej stosowania na zawartość próchnicy udowodniła Wiater [2000].

Wyraźne zróżnicowanie zawartości azotu ogólnego w glebie wystąpiło głównie na początku wegetacji buraka cukrowego. W tym terminie w środkowej warstwie gleby (10–15 cm) największą koncentracją tego pierwiastka charakteryzowały się poletka z uprawą konserwującą. Uzyskane dane znajdują potwierdzenie w pracach Balla [1995], Düringa i in. [1998] oraz Kordasa [2000]. W badaniach własnych, podobnie jak w pracy

Malaka [2000], nie wykazano istotnych zmian w zawartości azotu w glebie po przyoraniu obornika, zarówno w dawce 20, jak i 10 t·ha<sup>-1</sup>, w odniesieniu do poletek nienawożonych tym nawozem.

Korzystny wpływ nawożenia biomasą międzyplonów i słomą przedplonową na zawartość fosforu i potasu wykazali Waclawowicz [2008], Wojciechowski [2009], Puła i Łabza [2004]. W badaniach własnych uzyskano podobne wyniki w odniesieniu do fosforu, lecz statystycznie istotne różnice wystąpiły tylko w okresie wschodów w warstwie 20–25 cm. Podobną tendencję zaobserwowano w przypadku potasu, jednak istotność potwierdzono tylko w warstwie 10–15 cm w próbkach pobranych jesienią.

Stosowanie optymalnego nawożenia organicznego przyczynia się do wzrostu zasobności gleby w podstawowe makroelementy [Gutmański i Pikulik 1992b, Kuszelewski 1993, Songin 1998, Rajewski i in. 2012], co potwierdzono w badaniach własnych, jednak zmiany te nie we wszystkich przypadkach udowodniono statystycznie.

#### WNIOSKI

1. Nawożenie buraka cukrowego biomasą gorczycy białej uprawianej po przyoranej słomie, w porównaniu z nawożeniem samym międzyplonem, na ogół przyczyniało się do poprawy zasobności gleby w fosfor i potas.

2. Zmniejszenie dawki obornika z 20 do 10 t·ha<sup>-1</sup> nie wywołało istotnego spadku zawartości węgla organicznego, azotu i fosforu.

3. W przypadku braku nawożenia naturalnego zastosowanie uprawy konserwującej korzystniej wpływa na zasobność wierzchniej warstwy gleby w fosfor i potas niż systemy wykorzystujące orkę.

#### PIŚMIENNICTWO

- Ball B.C., 1995. Soil response to tillage and their environmental implication in Scotland. Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Proceedings of the EC Workshop 2, 7–16.
- Blecharczyk A., Małeczka I., Piechota T., 2000. Wpływ wieloletniego nawożenia oraz następstwa roślin na właściwości gleby i skład chemiczny jęczmienia jarego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 482, 59–64.
- Čermak P., Ciganek K., 2002. The influence of comparative fertilization on the yield and quality of sugar beet, the nutrient balances. The evaluation of long-term field experiments in the Czech Republic. Biul. IHAR 222, 39–48.
- Cudzik A., Białczyk W., Czarnecki J., Brennenstul M., Kaus A., 2011. Analiza wybranych właściwości gleby w różnych technologiach uprawy. Inż. Rol. 4, 33–40.
- Düring R.A. Basch G., Hummel H.E., 1998. Environmental aspects of no-tillage application erosion and leaching of agrochemicals. Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Final Report. Review Papers Summaries & Conclusions of the Concreted Action, 45–61.

- Gutmański I., Pikulik R., 1992a. Przydatność facelii i roślin krzyżowych jako poplonu ścierniskowego w uprawie buraka cukrowego. Mat. konf. „Nawozy organiczne”. AR Szczecin, 8–9 września 1992, 1, 229–236.
- Gutmański I., Pikulik R., 1992b. Sposoby przedzimowej uprawy roli a plonowanie buraka cukrowego i energochłonność zabiegów. Mat. konf. nauk. nt. „Produkcyjne skutki zmniejszania nakładów na agrotechnikę roślin uprawnych”. PAN, ART w Olsztynie, 179–186.
- Gutmański I., Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Banaszak H., 1998. Wpływ obornika, słomy i międzyplonów ścierniskowych na plonowanie buraka cukrowego przy zróżnicowanej koncentracji jego uprawy w płodozmianie. Roczn. AR Poznań, Rolnictwo 52 (1), 263–271.
- Kęsik T., 2005. Współczesne systemy uprawy roli. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo 515, 231–235.
- Klement V., Smatanova M., Chrbolka T., Trávník K., 2005. Thirty years of long term field trials in the Czech Republic. *Fragm. Agron.* 22 (1), 117–128.
- Kordas L., 2000. Studia nad optymalizacją uprawy buraka cukrowego na glebie średniej. Zesz. Nauk. AR Wrocław 386, Rozprawy 171.
- Kuszelewski L., 1993. Effect of differentiated mineral and organic fertilization on yields of plants and chemico-agricultural properties of soil in the light of permanent stationary field experiments at Łyczyn (1960–1990). *Symp. „Long-term static fertilizer experiments”*. Warszawa–Kraków, 15–18 June 1993, 1, 55–68.
- Malak D., 2000. Wpływ zróżnicowanego nawożenia organicznego przy wzrastających dawkach azotu mineralnego na właściwości gleby i plonowanie buraka cukrowego. Praca doktorska, AR Wrocław.
- Malicki L., Michałowski Cz., 1994. Problem międzyplonów w świetle doświadczeń. *Post. Nauk Rol.* 4, 1–16.
- Piechota T., Bleharczyk A., Małecka I., 2000. Wpływ wieloletniego nawożenia organicznego i mineralnego na zawartość składników pokarmowych w profilu glebowym. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura* 84, 393–397.
- PN-ISO 10390: 1997. Jakość gleby. Oznaczenie pH.
- PN-ISO 11261: 2002. Jakość gleby. Oznaczenie azotu ogólnego. Zmodyfikowana metoda Kjeldahla.
- PN-R-04023: 1996. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych.
- Puła J., Łabza T., 2004. Wpływ nawożenia organicznego na zawartość składników mineralnych w warstwie ornej gleby lekkiej. *Annales UMCS, Sec. E, Agricultura* 59 (3), 1505–1511.
- Rajewski J., Zimny L., Kuc P., 2012. Wpływ różnych wariantów uprawy konserwującej buraka cukrowego na właściwości chemiczne gleby. *Fragm. Agron.* 2, 98–104.
- Rasmussen K.J., 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil Till. Res.* 53, 3–14.
- Šimanský V., Tobiašová E., Chlupík 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.
- Songin W., 1998. Międzyplony w rolnictwie proekologicznym. *Post. Nauk Rol.* 2, 43–51.
- Strochalska B., 2011. Produkcja buraka cukrowego w różnych systemach uprawy konserwującej. Praca doktorska, UP Wrocław.

- Tiessen K.H.D., Elliott J.A., Yarotski J., Lobb D.A., Flaten D.N., Gloyier E. 2010. Conventional and conservation tillage: Influence on seasonal runoff, sediment and nutrient losses in the Canadian Prairies. *J. Environ. Quality*, 39 (3), 963–980.
- Urbanowski S., Jaskulska I., Urbanowska T., 1999. Zmiany zawartości węgla organicznego oraz makroelementów w glebie pod wpływem wieloletniego nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 465, 353–361.
- Wacławowicz R., 2008. Zmiany w siedlisku glebowym wywołane następczym wpływem nawożenia organicznego i azotowego. *Probl. Inż. Rol.* 16 (2), 69–80.
- Wiater J., 2000. Wpływ nawożenia organiczno-mineralnego na bilans węgla organicznego w glebie. *Fol. Univ. Agricult. Stetin., Agricultura* 84, 515–520.
- Wojciechowski W., 2009. Znaczenie międzyplonów ścierniskowych w optymalizacji nawożenia azotem jakościowej pszenicy jarej. *Wyd. UP Wrocław, Monografie* 76.
- Zimny L., Malak D., Wacławowicz R., 2005. Reakcja buraka cukrowego na różne systemy nawożenia. *Fragm. Agron.* 22 (1), 652–663.

**Summary.** The research was conducted in 2002–2004 at the Experimental Station “Swojec” belonging to Wrocław University of Environmental and Life Sciences. The two factor field experiment was designed for the studies. The main factor was organic fertilization: stubble catch crop grown after plowed down straw from the previous crop and with no straw. The subplot was fall-spring tillage and fertilization with manure: three treatments were plowed before winter, the fourth one was plowed in the springtime and the fifth one was under conservation tillage (stubble catch crop was left on the surface until spring and before sowing the rotary harrow was used). Fertilization with manure was applied to variants number 1 and 2: 20 and 10 t·ha<sup>-1</sup> respectively. Fertilization of sugar beet with stubble catch crop grown after plowed down straw generally improved the content of macroelements in the soil. The reduction of manure rate from 20 to 10 t·ha<sup>-1</sup> did not significantly decrease the content of basic nutrients. Under lack of manure the use of conservation tillage more beneficially affects the soil fertility than tillage with plow.

**Key words:** sugar beet, tillage systems, conservation tillage, chemical soil properties