

DOROTA GAWĘDA, KAZIMIERZ SZYMANKIEWICZ, ELŻBIETA HARASIM

Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin
Wydział Rolniczy – Akademia Rolnicza w Lublinie

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA RÓŻNYCH SYSTEMÓW UPRAWY ROLI W 3-POLOWYM ZMIANOWANIU

Energy efficiency of different soil tillage systems in three-field crop rotation

ABSTRAKT: Celem badań była ocena wpływu systemów uprawy roli we współdziałaniu ze zróżnicowaną głębokością uprawy na plonowanie roślin oraz efektywność energetyczną w 3-polowym zmianowaniu. Badania realizowano w 3-letnim ścisłym eksperymencie polowym wykonywanym w latach 2001–2003 w Gospodarstwie Doświadczalnym Uhrusk, należącym do Akademii Rolniczej w Lublinie. Doświadczenie zlokalizowano na czarnej ziemi średnio głębokiej wytworzonej z piasków gliniastych i glin lekkich. Uwzględniono w nim trójpolowe zmianowanie: ziemniak – pszenica ozima – soja. Czynniki badawczymi doświadczenia były: system uprawy roli – płuzny i bezpłuzny oraz uprawa roli – głęboka i płytka. W systemie bezpłuznym zrezygnowano z orki zastępując je bronowaniem i kultywatorowaniem lub dodatkowo stosowaniem zestawu uprawowego złożonego z brony sprężynowej i wału strunowego. W zależności od systemu uprawy roli pod poszczególne rośliny wykonywano orkę lub kultywatorowanie na zróżnicowaną głębokość. Stwierdzono, że systemy uprawy roli modyfikowały istotnie plonowanie soi. W warunkach uprawy płuznej plony tej rośliny były wyższe o 19% w porównaniu z osiągniętymi w obiektach z bezorkową uprawą roli. Ziemniak i pszenica ozima reagowały spadkiem plonów w warunkach uprawy bezpłuznej, ale nie był on istotny statystycznie. Drugi czynnik – głębokość uprawy roli – różnicowała istotnie plonowanie ziemniaka. W warunkach płytkiej uprawy uzyskano o 10% mniejszy plon bulw niż w obiektach z uprawą głęboką. Na podstawie oceny energetycznej stwierdzono natomiast, że efektywność produkcji zależała w większym stopniu od badanych roślin niż czynników doświadczenia. System bezpłuzny i płytka uprawa roli mimo zmniejszenia nakładów pracy i zużycia paliwa nie powodowały poprawy wskaźnika efektywności energetycznej. Najkorzystniejszą wielkość tego wskaźnika osiągnięto w uprawie soi, a najgorszą w produkcji ziemniaka.

słowa kluczowe – key words:

system uprawy roli – *soil tillage system*, plony – *yields*, efektywność energetyczna – *energy effectiveness*

WSTĘP

W Polsce od wielu dziesięcioleci dominuje tradycyjna płuzna uprawa roli, która charakteryzuje się dużą pracochłonnością i energochłonnością. Szacuje się, iż pochłaniania ona w zależności od gatunku uprawianej rośliny i warunków siedliskowych

30–60% całości zużycia paliwa, a jej udział w nakładach pracy waha się od 20 do 40%. W tej sytuacji wzrasta zainteresowanie uproszczonymi sposobami uprawy jako mniej pracochłonnymi i energooszczędnyymi w porównaniu z tradycyjnym systemem płużnym. Polegają one między innymi na spłycaniu niektórych zabiegów, zastępowaniu pługa innymi narzędziami lub wręcz na stosowaniu siewu bezpośredniego. Jest to możliwe przede wszystkim ze względu na szeroki asortyment środków produkcji, jakimi dysponuje obecnie rolnictwo, które w znacznym stopniu kompensują ujemne skutki uproszczeń w uprawie roli, a przy tym dostępne są maszyny umożliwiające precyzyjne umieszczanie nasion w glebie różnie uprawionej (8).

Dotychczasowe rezultaty badań wskazują, że różne uproszczenia uprawy roli pozwalają w sprzyjających warunkach uzyskiwać plony roślin nie niższe niż w klasycznej uprawie płużnej, przyczyniają się również do osiągnięcia znacznych oszczędności w nakładach pracy i zużyciu paliwa (2, 7, 9).

Celem badań była ocena wpływu systemów uprawy roli – płużnego i bezpłużnego we współdziałaniu ze zróżnicowaną głębokością uprawy na plonowanie roślin oraz efektywność energetyczną w 3-polowym zmianowaniu.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 2001–2003 w Gospodarstwie Doświadczalnym Uhrusk należącym do Akademii Rolniczej w Lublinie. Eksperyment zlokalizowano na czarnej ziemi średnio głębokiej wytworzonej z piasków gliniastych i glin lekkich. Gleba wykazywała odczyn zasadowy (pH w $1\text{ n KCl} = 7,6$), charakteryzowała się bardzo wysoką zasobnością w fosfor ($203,3 \text{ mg P}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) i potas ($204,2 \text{ mg K}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) oraz bardzo niską w magnez ($15 \text{ mg Mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby). Zawartość próchnicy w glebie wynosiła 1,7%.

Eksperyment założono w czterech powtórzeniach w układzie split-plot-split-block. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 20 m^2 .

Doświadczenie obejmowało trójpolowe zmianowanie: ziemniak (odmiana Irga), pszenica ozima (odm. Korweta), soja (odm. Aldana). Dla wszystkich roślin zmianowania uwzględniono dwa czynniki badawcze: I. system uprawy roli – A) płużny, B) bezpłużny, II. głębokość uprawy roli – 1. głęboka, 2. płytko.

Nawozami podstawowymi pod wszystkie uprawiane rośliny były: saletra amonowa, superfosfat i sól potasowa. Dla poszczególnych roślin zmianowania dawki NPK ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) były następujące:

ziemniak	N – 100	P_2O_5 – 70	K_2O – 150
pszenica	N – 90	P_2O_5 – 70	K_2O – 90
soja	N – 20	P_2O_5 – 50	K_2O – 100.

Wielkość dawek nawozów mineralnych ustalono w oparciu o potrzeby pokarmowe roślin i zasobność gleby w składniki pokarmowe. Pod ziemniak zastosowano również obornik w dawce $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Uprawę roli pod ziemniak po zbiorze soi w systemie płużnym rozpoczynano od wykonania podorywki (zróżnicowanej pod względem głębokości na 8 cm w wariancie uprawy głębokiej i 6 cm w uprawie płytkiej) oraz bronowania. Następnie wywieziono obornik i przykryto go orką przedzimową wykonaną na głębokość 30 cm i spłyconą do 15 cm. Wiosną wykonano: bronowanie, następnie wysiew nawozów mineralnych NPK, kultywatorowanie (zróżnicowane pod względem głębokości na 16 i 8 cm), bronowanie oraz sadzenie. W późniejszym okresie wykonano bronowanie przed wschodami oraz obsypywanie po wschodach i przed zwarciem międzyrzędzi ziemniaka. W systemie bezpłużnym po zbiorze przedplonu wykonano bronowanie, następnie wywieziono obornik i przeprowadzono kultywatorowanie na głębokość 20 cm, a w uprawie płytkiej na 15 cm. Wiosną stosowano analogiczne zabiegi jak w systemie płużnym.

Pod pszenicę ozimą uprawianą po ziemniaku w systemie płużnym wykonano: bronowanie, następnie wysiano nawozy mineralne NPK, wykonano orkę przedświeńną (zróżnicowaną pod względem głębokości na 20 i 10 cm), bronowanie, siew ziarna i kolejne bronowanie. Wiosną tuż po ruszeniu rośliny wysiano azot, następnie wykonano bronowanie oraz w późniejszym terminie zastosowano kolejną dawkę azotu. W systemie bezpłużnym po zbiorze przedplonu wykonano: bronowanie, kultywatorowanie (na zróżnicowaną głębokość – 16 i 8 cm), wysiano nawozy mineralne NPK i wymieszano je z glebą zestawem uprawowym (brona sprężynowa + wał strunowy), następnie wykonano siew ziarna i bronowanie. Wiosną przeprowadzono analogiczne zabiegi jak w systemie płużnym.

Pod soję uprawianą po pszenicy w systemie płużnym wykonano: podorywkę (zróżnicowaną pod względem głębokości uprawy na 9 i 6 cm) oraz bronowanie, które po trzech tygodniach powtórzono. Następnie wykonano orkę przedświeńną na głębokość 30 cm, a w wariancie uprawy płytkiej na 15 cm. Wiosną rozpoczęto zabiegi uprawowe od bronowania, następnie wysiano nawozy mineralne NPK, wykonano kultywatorowanie (na zróżnicowaną głębokość – 16 i 8 cm), bronowanie, siew nasion, bronowanie i bronowanie pielęgnacyjne przed wschodami roślin. W systemie bezpłużnym po zbiorze przedplonu wykonano: kultywatorowanie (zróżnicowane pod względem głębokości na 12 i 6 cm), dwukrotne bronowanie i kolejny raz kultywatorowanie (na głębokość 20 cm, a w wariancie uprawy płytkiej 15 cm). Wiosną wykonano analogiczne zabiegi jak w systemie płużnym.

W ochronie chemicznej ziemniaka we wszystkich obiektach stosowano: Sencor 70 WP – 0,75 kg·ha⁻¹, Fusilade Super EC – 1,5 l·ha⁻¹, Decis 2,5 EC – 0,3 l·ha⁻¹ i Bravo 500 SC w ilości 3 l·ha⁻¹.

W pszenicy ozimej we wszystkich wariantach uprawy zastosowano zaprawę Baytan Universal 19,5 DS – 200 g/100 kg ziarna oraz preparaty Puma Universal 069 EW + Starane 250 EC – 1,2 l·ha⁻¹ + 0,8 l·ha⁻¹, Bercema CCC – 2 l·ha⁻¹, Benlate 50 WP – 0,4 kg·ha⁻¹, Topsin M 70 WP – 1 kg·ha⁻¹, Decis 2,5 EC – 0,25 l·ha⁻¹.

We wszystkich przypadkach uprawy soi stosowano: Vitavax 200 FS – 400 ml + 400 ml H₂O/100 kg nasion, Triflurotox 250 EC – 3,5 l·ha⁻¹ i Afalon 50 WP – 1,5 kg·ha⁻¹. Nasiona soi szczepiono na mokro bakteriami *Bradyrhizobium japonicum*.

W ocenie energetycznej uwzględniono plony główne (średnie z lat 2001–2003), których wartość energetyczną określono na podstawie zawartości suchej masy według metodyki zalecanej przez FAO (12). W metodzie tej przyjęto, że 1 kg suchej masy plonu głównego ma wartość 18,36 MJ. Wielkość nakładów pracy (robocizny i siły pociągowej) ustalono na podstawie zastosowanej agrotechniki (rodzaje zabiegów) i przy wykorzystaniu dostępnych normatywów (5, 10). Dla ciągników i maszyn rolniczych przyjęto 15-letni okres użytkowania. Nakłady środków produkcji (nawozy, paliwo, nasiona, sadzeniaki, środki ochrony roślin) wynikające z faktycznego zużycia i nakłady pracy przeliczono na MJ. W tym celu wykorzystano odpowiednie wskaźniki energochłonności, stosowane w ciągnionym rachunku energetycznym produkcji roślinnej (1, 5, 13). Wielkość jednostkowych nakładów energetycznych skumulowanych w ciągnikach i maszynach rolniczych odnoszono do 1 kg ich masy, a sposób obliczenia zużycia w czasie eksploatacji był analogiczny, jak ustalanie kosztów amortyzacji. Najpierw określono umowne zużycie maszyn w kg/h ich pracy, a następnie przeliczono je na MJ. Masę części zamiennych i materiałów do napraw oraz smarów ustalono zgodnie z metodyką podaną w pracy Harasima (6). Wskaźnik efektywności (E_e) obliczono według wzoru:

$$E_e = \frac{P_e}{N_e}$$

gdzie: P_e – wartość energetyczna plonu uzyskanego z 1 ha (w MJ),

N_e – wielkość nakładów energetycznych poniesionych na uzyskanie produkcji (plonu) z 1 ha (w MJ).

WYNIKI

Plony wszystkich roślin były większe w obiektach z płużną uprawą roli niż z uprawą bezorkową; jednak tylko w przypadku soi były to różnice istotne statystycznie (tab. 1). W warunkach uprawy płużnej plony tej rośliny były wyższe o 19% w porównaniu z osiągniętymi w obiektach z bezorkową uprawą roli. Drugi czynnik – głębokość uprawy roli różnicowała istotnie plonowanie ziemniaka. W warunkach płytkiej uprawy uzyskano plon bulw o 10% niższy niż w warunkach uprawy głębokiej. Nie udowodniono natomiast wpływu tego czynnika badawczego na wielkość plonu pszenicy ozimej i soi.

Wskaźniki oceny energetycznej zależały w większym stopniu od gatunków roślin niż od czynników uwzględnionych w badaniach (tab. 2-5). Zdecydowanie największą pracochłonnością i dużym zużyciem paliwa cechowała się uprawa ziemniaka, a najniższymi nakładami wyróżniała się soja (tab. 2 i 3). W przypadku ziemniaka na wielkość tych nakładów zasadniczy wpływ miało stosowanie obornika i zbiór dużej masy plonu bulw. System i głębokość uprawy roli jako jeden z elementów technologii produkcji wywierały stosunkowo mały wpływ na zróżnicowanie pracochłonności i zużycia paliwa w całym cyklu produkcyjnym. Spośród badanych wariantów uprawy roli największymi nakładami cechował się system płużny z uprawą głęboką,

Tabela 1

Plony główne roślin (t·ha⁻¹) – średnie z lat 2001–2003
Main crop yields (t·ha⁻¹) – mean for 2001–2003

Roślina uprawna Cultivated plant	System uprawy roli Soil tillage system		NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	Głębokość uprawy roli Soil tillage depth		NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)
	plużny plough	bezplużny ploughless		głęboka deep	plytka shallow	
Ziemniak Potato	28,37	26,52	r.n.	28,93	25,96	2,32
Pszenica ozima Winter wheat	4,69	4,33	r.n.	4,52	4,50	r.n.
Soja Soya	3,07	2,57	0,35	2,90	2,73	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Tabela 2

Nakłady robocizny i siły pociągowej na 1 ha uprawy
Costs of labour and tractive force per 1 ha

Roślina uprawna Cultivated plant	Jednostka miary Unit of measure	System plużny Plough system			System bezplużny Ploughless system			Średnio Mean		Średnio dla rośliny Mean for plant
		uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	średnio mean	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	średnio mean	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	
Ziemniak Potato	rbh man- hours	232,6	203,7	218,2	209,8	200,2	205,0	221,2	202,0	211,6
	cnh tractor- hours	63,2	58,4	60,8	58,0	56,6	57,3	60,6	57,5	59,0
Pszenica ozima Winter wheat	rbh man- hours	30,2	29,3	29,8	27,7	27,5	27,6	29,0	28,4	28,7
	cnh tractor- hours	19,3	18,5	18,9	17,8	17,6	17,7	18,6	18,1	18,3
Soja Soya	rbh man- hours	18,3	16,4	17,4	15,8	15,0	15,4	17,1	15,7	16,4
	cnh tractor- hours	15,3	13,5	14,4	13,0	12,3	12,7	14,2	12,9	13,5
Średnio Mean	rbh man- hours	93,7	83,1	88,4	84,4	80,9	82,7	89,1	82,0	85,5
	cnh tractor- hours	32,6	30,1	31,4	29,6	28,8	29,2	31,1	29,5	30,3

Tabela 3

Zużycie paliwa przez ciągniki i kombajn zbożowy (1ha⁻¹)
 Fuel consumption by tractors and grain combine (1ha⁻¹)

Roślina uprawna Cultivated plant	System płuzny Plough system			System bezpłuzny Ploughless system			Średnio Mean		Średnio dla rośliny Mean for plant
	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	średnio mean	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	średnio mean	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	
Ziemniak Potato	379	350	365	348	340	344	364	345	354
Pszenica ozima Winter wheat	136	130	133	125	124	125	131	127	129
Soja Soya	113	101	107	97	92	95	105	97	101
Średnio Mean	209	194	202	190	185	188	200	190	195

a najmniejszymi system bezpłuzny z uprawą płytką. Różnice między tymi skrajnymi wariantami uprawy roli, średnio dla zmianowania, wynosiły około 14% w przypadku nakładów robocizny oraz około 12% w nakładach siły pociągowej i zużyciu paliwa. Jest to efekt bezpośredni stosowania w zmianowaniu trójpolowym bezpłuznej i zarazem płytkiej uprawy roli w porównaniu z klasyczną płuzną uprawą głęboką.

Pod względem wartości energetycznej plony ziemniaka były około 2 i 3-krotnie wyższe od plonów pszenicy ozimej i soi (tab. 4). Spłylenie głębokości uprawy roli przy stosowaniu systemu płuznego spowodowało obniżenie wartości energetycznej plonów roślin średnio w zmianowaniu o 10%. W systemie uprawy bezpłuznej ta różnica wynosiła tylko 4%. Natomiast między skrajnymi wariantami uprawy roli (uprawa głęboka płuzna – uprawa płytka bezpłuzna) zróżnicowanie wartości energetycznej plonów, średnio w zmianowaniu, dochodziło do 15%.

Nakłady energetyczne ponoszone w procesie produkcji wykazywały podobną kierunkową zależność od badanych roślin i czynników, jak nakłady pracy (robocizny i siły pociągowej) i zużycie paliwa. System i głębokość uprawy roli w małym stopniu wpływały na zróżnicowanie nakładów energetycznych (tab. 5). Jedynie gatunki roślin różniły się wyraźnie pod względem energochłonności produkcji w odniesieniu do 1 ha powierzchni. Ziemniak wymagał około 3 i 5-krotnie większych nakładów energetycznych niż pszenica i soja, co miało związek ze stosowaniem obornika i dużą pracochłonnością zbioru plonu tej rośliny. W strukturze nakładów energetycznych,

Tabela 4

Wartość energetyczna plonów głównych (GJ·ha⁻¹)
Energy value of main crops (GJ·ha⁻¹)

Roślina uprawna Cultivated plant	System płuzny Plough system			System bezpłuzny Ploughless system			Średnio Mean		Średnio dla rośliny Mean for plant
	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	średnio mean	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	średnio mean	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	
Ziemniak Potato	134,9	115,1	125,0	120,1	113,6	116,9	127,5	114,4	120,9
Pszenica ozima Winter wheat	74,5	71,8	73,2	66,6	68,5	67,6	70,6	70,2	70,4
Soja Soya	48,8	46,8	47,8	41,9	38,2	40,1	45,4	42,5	43,9
Średnio Mean	86,1	77,9	82,0	76,2	73,4	74,9	81,2	75,7	78,4

Tabela 5

Nakłady energetyczne ponoszone na produkcję (GJ·ha⁻¹)
Energy costs of production (GJ·ha⁻¹)

Roślina uprawna Cultivated plant	System płuzny Plough system			System bezpłuzny Ploughless system			Średnio Mean		Średnio dla rośliny Mean for plant
	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	średnio mean	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	średnio mean	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	
Ziemniak Potato	55,0	52,4	53,7	52,5	51,7	52,1	53,8	52,1	52,9
Pszenica ozima Winter wheat	19,2	18,9	19,1	18,6	18,5	18,6	18,9	18,7	18,8
Soja Soya	11,6	10,9	11,3	10,6	10,3	10,5	11,1	10,6	10,8
Średnio Mean	28,6	27,4	28,0	27,2	26,8	27,0	27,9	27,1	27,5

Tabela 6

Struktura nakładów energetycznych (%)
Energy costs structure (%)

Roślina uprawna Cultivated plant	Rodzaj nakładu Type of costs	System płużny Plough system		System bezpłużny Ploughless system		Średnio dla rośliny Mean for plant
		uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	
Ziemniak Potato	praca ludzka human labour	16,9	15,6	16,0	15,5	16,0
	paliwo i smary fuel and greases	28,0	27,1	26,9	26,7	27,2
	środki ochrony roślin crop protection means	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3
	sadzeniaki seed potatoes	15,5	16,2	16,2	16,5	16,1
	nawozy fertilizers	28,1	29,6	29,5	30,0	29,3
	ciągniki i maszyny tractors and machines	10,3	10,2	10,1	10,0	10,1
Pszenica ozima Winter wheat	praca ludzka human labour	6,3	6,2	6,0	6,0	6,1
	paliwo i smary fuel and greases	29,0	28,3	27,6	27,5	28,1
	środki ochrony roślin crop protection means	4,7	4,8	4,9	4,9	4,8
	nasiona seeds	8,2	8,3	8,5	8,5	8,4
	nawozy mineralne mineral fertilizers	42,5	43,3	44,1	44,3	43,6
	ciągniki i maszyny tractors and machines	9,3	9,1	8,9	8,8	9,0
Soja Soya	praca ludzka human labour	6,3	6,0	6,0	5,8	6,0
	paliwo i smary fuel and greases	39,9	38,1	37,6	36,6	38,1
	środki ochrony roślin crop protection means	4,9	5,2	5,4	5,6	5,3
	nasiona seeds	8,4	8,9	9,2	9,5	9,0
	nawozy mineralne mineral fertilizers	26,7	28,4	29,2	30,2	28,6
	ciągniki i maszyny tractors and machines	13,8	13,4	12,6	12,3	13,0

w przypadku ziemniaka dominowały w podobnym stopniu nawozy i paliwo (tab. 6). W produkcji pszenicy ozimej główną pozycję nakładów energetycznych stanowiły nawozy mineralne (42,5–44,3%) i dość znaczący udział miało paliwo. Spośród badanych roślin, soja cechowała się najmniejszymi nakładami energetycznymi (tab. 5), związanymi głównie ze zużyciem paliwa i nawozów mineralnych (tab. 6). Najmniejszy udział w nakładach energetycznych miały środki ochrony roślin; około 1% przy uprawie ziemniaka oraz około 5% w produkcji pszenicy i soi (tab. 6).

System uprawy roli, jak i głębokość wykonywania zabiegów uprawowych w małym stopniu różnicowały wielkość wskaźnika efektywności energetycznej (tab. 7). Efektywniejszy energetycznie był system uprawy płuźnej, który sprzyjał lepszemu plonowaniu roślin uprawnych. Podobnie korzystniejsze okazało się wydatkowanie energii w wariacie uprawy głębokiej w porównaniu z płytką uprawą roli. Zatem należy stwierdzić, że system bezpłuźny i płytka uprawa roli mimo zmniejszenia nakładów pracy i zużycia paliwa nie powodowały poprawy wskaźnika efektywności energetycznej. Większy wpływ na kształtowanie tego wskaźnika wywierała wartość energetyczna uzyskanych plonów, wyraźnie wyższych w warunkach systemu płuźnego z głęboką uprawą roli. Najwyższą efektywnością nakładów energetycznych wyróżniła się uprawa soi, a najmniejszą produkcja ziemniaka (tab. 7). W przypadku soi wskaźnik efektywności energetycznej był bardziej zależny od niskich nakładów energetycznych niż wartości plonów nasion (tab. 4 i 5).

Tabela 7

Wskaźnik efektywności energetycznej
Energy effectiveness indicator

Roślina uprawna Cultivated plant	System płuźny Plough system			System bezpłuźny Ploughless system			Średnio Mean		Średnio dla rośliny Mean for plant
	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	średnio mean	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	średnio mean	uprawa głęboka deep ploughing	uprawa płytka shallow ploughing	
Ziemniak Potato	2,45	2,20	2,33	2,29	2,20	2,24	2,37	2,20	2,29
Pszenica ozima Winter wheat	3,88	3,80	3,84	3,58	3,70	3,64	3,74	3,75	3,74
Soja Soya	4,21	4,29	4,25	3,95	3,71	3,83	4,09	4,01	4,05
Średnio Mean	3,01	2,84	2,93	2,80	2,74	2,77	2,91	2,79	2,85

DYSKUSJA

Badane systemy uprawy roli w różnym stopniu modyfikowały plonowanie roślin. W warunkach płużnej uprawy uzyskano istotnie wyższy plon soi. Również wydajność ziemniaka i pszenicy ozimej w tych warunkach były większe niż przy uprawie bezpłużnej, ale różnice nie były udowodnione statystycznie. Istotny wpływ systemów uprawy roli na plonowanie soi zaobserwowali także Bujak i in. (3). Autorzy ci stwierdzili, że każdy system uprawy roli z wkomponowaną orką przedzimową sprzyjał osiągnięciu istotnie wyższego plonu nasion tej rośliny niż w obiektach bez orki. Głębokość uprawy roli różnicowała istotnie plonowanie ziemniaka. W warunkach płytkiej uprawy uzyskano niższy plon bulw niż w obiektach z uprawą głęboką. Nie udowodniono wpływu tego czynnika na wielkość plonu pszenicy ozimej i soi. Plony tych roślin były tylko nieznacznie niższe w warunkach uprawy płytkiej. Podobnie w badaniach Gałki i in. (4) spłylenie orki pod pszenicę ozimą w niewielkim tylko stopniu obniżyło poziom plonowania tej rośliny.

Na podstawie oceny energetycznej można stwierdzić, że efektywność produkcji zależała w większym stopniu od badanych roślin niż czynników doświadczenia. Najkorzystniejszy wskaźnik efektywności energetycznej osiągnięto w uprawie soi, a najgorszy w przypadku ziemniaka. System uprawy roli, jak i głębokość jej uprawy w mniejszym stopniu kształtowały wielkość tego wskaźnika. Jeżeli przyjąć za Wielickim (11), że wskaźnik efektywności energetycznej produkcji roślinnej dla plonów głównych powinien wynosić około 4, to uprawę soi należy ocenić korzystnie. Jednak w warunkach bezpłużnego systemu uprawy roli następuje obniżenie tego wskaźnika nieco poniżej wartości granicznej. Relatywnie niska efektywność uprawy ziemniaka w porównaniu z soją i pszenicą znajduje potwierdzenie w badaniach Wielickiego (11), w których najniższą efektywnością energetyczną cechowały się rośliny okopowe. Natomiast badania Harasima (6) wskazują, że stosowanie obornika pod rośliny okopowe powoduje obniżenie efektywności energetycznej produkcji w porównaniu z rezultatami ich uprawy bez obornika. Udział ziemniaka w zmianowaniu, a zwłaszcza jego znaczna koncentracja, wyraźnie obniża sprawność energetyczną (6, 11, 14). Zatem dobór gatunków roślin i ich udział w zmianowaniu znacząco kształtuje efektywność energetyczną produkcji roślinnej.

WNIOSKI

1. Systemy uprawy roli różnicowały istotnie plonowanie soi. W warunkach uprawy płużnej plony tej rośliny były wyższe o 19% od uzyskanych w obiektach z bezorkową uprawą roli. Ziemniak i pszenica ozima na uprawę bezpłużną reagowały spadkiem plonów, ale nie był on istotny statystycznie.

2. Głębokość uprawy roli modyfikowała istotnie plonowanie ziemniaka. W warunkach płytkiej uprawy uzyskano o 10% niższy plon bulw niż w obiektach z uprawą

głęboką. Nie udowodniono natomiast wpływu tego czynnika na wielkość plonów pszenicy ozimej i soi.

3. Efektywność energetyczna produkcji zależała w większym stopniu od gatunku rośliny uprawnej niż od systemu i głębokości uprawy roli. System bezpłużny i płytka uprawa roli mimo zmniejszenia nakładów pracy i zużycia paliwa nie powodowały poprawy wskaźnika efektywności energetycznej.

4. Spośród roślin badanych w zmianowaniu trójpolowym najwyższą efektywnością energetyczną wyróżniła się soja, a najgorsze wyniki pod tym względem dała uprawa ziemniaka.

LITERATURA

1. Anuszewski R.: Metoda oceny energochłonności produktów rolniczych (MET). Zag. Ekon. Rol., 1987, **4**: 16-26.
2. Ball B. C., Lang R. W., Robertson E. A. G., Franklin M. F.: Crop performance and soil conditions on imperfectly drained loams after 20-25 years of conventional tillage or direct drilling. Soil Till. Res., 1994, **31**: 97-118.
3. Bujak K., Jędruszczak M., Frant M.: Wpływ uproszczeń w uprawie roli na plonowanie soi. Biul. IHAR, 2001, **220**: 263-272.
4. Gałka A., Szmigiel A., Boroń K.: Współdziałanie uprawy przedsiewnej i gęstości siewu na plonowanie pszenicy ozimej w płodozmianie. Zesz. Nauk. AR Wrocław, 1995, **267**: 299-303.
5. Harasim A.: Zbiór mierników i wskaźników stosowanych w badaniach ekonomiczno-rolniczych. IUNG Puławy, 1988, R(**250**) i supl. R(**287**).
6. Harasim A.: Kompleksowa ocena płodozmianów z różnym udziałem roślin zbożowych i okopowych. Monogr. i Rozpr. Nauk., IUNG Puławy, 2002, **1**.
7. Jabłoński W., Kaus A.: Wpływ różnych systemów uprawy roli i nawożenia na plonowanie roślin. Bibl. Fragm. Agron., 1997, **3**: 91-96.
8. Kuś J.: Optymalizacja uprawy roli. Mat. szkol., IUNG Puławy, 1998, 67/98.
9. Pagliali M., Raglione M., Panini T., Maletta M., La Marca M.: The structure of two alluvial soils in Italy after 10 years of conventional and minimum tillage. Soil Till. Res., 1995, **34**: 209-223.
10. Praca zbiorowa: Katalog norm i normatywów. SGGW Warszawa, 1999.
11. Wielicki W.: Analiza efektywności energetycznej w rolnictwie. Post. Nauk Rol., 1989, **1**: 69-86.
12. Wielicki W.: Energochłonność produkcji roślinnej. Służba Rol., 1990, **1-2**: 1-6.
13. Wójcicki Z.: Energochłonność produkcji rolniczej. Roczn. Nauk Rol., 1981, C, **75(1)**: 165-197.
14. Zawisłak K., Rzeszutek I., Rzeszutek J.: Ekonomiczna i energetyczna ocena płodozmianów z różnym udziałem ziemniaka. Roczn. Nauk Rol., 1992, G, **86(1)**: 93-108.

ENERGY EFFICIENCY OF DIFFERENT SOIL TILLAGE SYSTEMS IN THREE-FIELD CROP ROTATION

Summary

Evaluation of the effect of different soil tillage systems on the crop yields and energy efficiency of the three-field crop rotation was aim of the research. The research was conducted on the strict field experiment located in the Experimental Farm in Uhrusk, a part of the Agricultural University in Lublin, in

2001–2003. The experiment was located on the medium-deep black earth developed from loamy sands and light loams. The experiment included the following three-field crop rotation: potato – winter wheat – soya. The following factors were taken into account: plough and ploughless soil tillage systems and soil tillage depth – deep and shallow. In the ploughless soil tillage, the ploughing was substituted by harrowing and cultivating or additionally using a cultivation set made up by spring-tooth harrow and cage roller. Depending on a soil tillage system, the ploughing or cultivating measures at varied depth were performed in each crop. It was found out that the soil tillage systems significantly influenced the soya yielding. At the plough tillage conditions crop yields were larger by 19% as compared to obtained in the ploughless soil tillage objects. The yield of potato and wheat decreased in ploughless tillage conditions, however this decrease was not statistically confirmed. The other factor – soil tillage depth significantly influenced potato yielding. Under the shallow tillage the tuber yield was smaller by 10% in comparison to the objects with the deep tillage. Energy efficiency of production was more affected by a crop than by the experimental factors. The ploughless system and shallow soil tillage did not improve the energy efficiency despite the lower labour costs and fuel consumption. The largest value of the index of energy efficiency was obtained for soya, while the smallest in the potato production.

Praca wpłynęła do Redakcji 1 VI 2005 r.