

SZYMON CZARNOCKI, JÓZEF STARCZEWSKI, ELŻBIETA TURSKA

Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin
Akademia Podlaska w SiedlcachEFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA RÓŻNYCH WARIANTÓW UPRAWY
ROLI W TECHNOLOGII PRODUKCJI PSZENŻYTA OZIMEGO

Energy efficiency of different variants of soil tillage in the cultivation of winter triticale

ABSTRAKT: W badaniach przeprowadzonych w latach 1999–2002 podjęto próbę energetycznej oceny niektórych alternatywnych sposobów przedsięwzięcia przygotowania roli pod uprawę pszenżyta ozimego. W poszczególnych obiektach zastosowano zróżnicowaną uprawę poźniwną: A – podorywka – 12 cm, B – kultywatorowanie, C – talerzowanie, D – bez uprawy poźniwnej z herbicydem Roundup 360 SL, E – bez uprawy poźniwnej (bez herbicydu), F – orka – 20 cm, G – talerzowanie. W pierwszych pięciu obiektach wykonywano orkę siewną, natomiast w obiektach F i G zrezygnowano z wykonywania tej orki. W trakcie poszczególnych zabiegów uprawowych, siewu nasion, opryskiwania i nawożenia wykonano pomiary zużycia paliwa oraz zużycia czasu pracy. Nakłady energetyczne oraz wartość energetyczną plonu obliczono na podstawie wskaźników energochłonności produktów rolniczych opracowanych przez IBMER. Oceny istotności różnic dokonano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji odpowiedniej dla układu losowanych bloków.

Zastąpienie podorywki zabiegami alternatywnymi skutkowało zmniejszeniem zużycia paliwa oraz czasu niezbędnego do wykonania uprawy o około 60%. Przy pogłębieniu orki z 12 do 20 cm zaobserwowano wzrost zużycia paliwa o średnio $1,70 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast przy dalszym zwiększaniu głębokości do 25 cm wystąpił wzrost zużycia paliwa o $1,25 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zarówno przy głębokości 20, jak i 25 cm najwięcej paliwa zużyto na orkę wykonywaną po podorywce. Zwiększenie głębokości orki wiązało się również z wydłużeniem czasu niezbędnego do jej wykonania. Nakłady energetyczne na pozostałe zabiegi uprawowe oraz na siew i pielęgnację w mniejszym stopniu wpływały na paliwo- i czasochłonność wariantów technologii. W uprawie pszenżyta ozimego stosowanie większości z proponowanych uproszczeń nie powodowało znaczącego zmniejszenia się efektywności energetycznej. Najwyższą efektywność poniesionych nakładów otrzymano w obiekcie z orką razówką wykonaną tuż po żniwach. Również poźniwne talerzowanie pozwalało na otrzymanie nieznacznie wyższej efektywności energetycznej niż przy uprawie tradycyjnej. Tylko w przypadku zupełnego zaniechania wykonywania orki obliczony wskaźnik efektywności energetycznej był istotnie niższy od otrzymanego w innych obiektach. Na podstawie przeprowadzonych badań można wnioskować, że pszenżyto ozime dobrze znosi niewielkie uproszczenia w przedsięwzięciu uprawy roli.

słowa kluczowe – key words:

pszenżyto ozime – *winter triticale*, uproszczenia uprawowe – *simplifications in soil tillage*, nakłady energetyczne – *energy inputs*, wskaźnik efektywności energetycznej – *index of energy efficiency*, zużycie paliwa – *consumption of fuel*, nakłady pracy – *labour inputs*

WSTĘP

Rozwojowi produkcji roślinnej towarzyszy ciągły wzrost nakładów energetycznych. Udział poszczególnych elementów agrotechniki w procesie produkcji zależy jednak w bardzo dużym stopniu od rodzaju stosowanej technologii. Im intensywniejsza technologia, tym większy udział w nakładach mają nawożenie mineralne i ochrona roślin. Powszechnie za najbardziej energochłonne ogniwo agrotechniki uważane jest nawożenie azotem (3, 11). Budzyński i in. (2) podają, że nawożenie i ochrona roślin mogą stanowić nawet do 60% energii skumulowanej, 15–20% energii pochłania zbior, a tylko 10–15% uprawa roli, chociaż Dzienia (5) podaje, że w strukturze nakładów energetycznych uprawa roli pochłania aż 25–40% całkowitych nakładów na produkcję roślinną.

Najmniejszy udział uprawy roli w ogólnych nakładach sprawia, że oszczędności w tym elemencie agrotechniki są analizowane rzadko. Poza tym główne kierunki obecnych badań dotyczą nowoczesnych maszyn i narzędzi służących do przedsięwzięcia przygotowania gleby. Główną przyczyną, która ogranicza wprowadzenie w szerszym zakresie uproszczeń w uprawie roli jest początkowy koszt związany ze zmianą sposobów uprawy, gdyż niezbędny staje się zakup nowych, drogiej maszyn. W przypadku polskiego rolnictwa nadmierne rozdrobnienie staje się więc czynnikiem hamującym postęp technologiczny. Lorencowicz (12) podaje, że różnica w całkowitych kosztach mechanizacji przypadających na 1 ha pomiędzy gospodarstwem 9 a 20 ha wynosi od 25 do 50%. Pomimo że liczba maszyn rolniczych w rolnictwie polskim jest już stosunkowo duża, to wyposażenie większości gospodarstw w środki mechanizacji jest wciąż jeszcze niezadowalające. Poza tym nowe narzędzia i maszyny uprawowe mają bardzo duże zapotrzebowanie na siłę uciągu, a w polskich gospodarstwach dominują ciągniki z silnikami o mocy 29,5–44,1 kW, czyli te najłżejsze (9).

Celem badań było określenie możliwości ograniczenia nakładów na uprawę roli pod pszenżyto ozime przy zastosowaniu powszechnie dostępnych narzędzi uprawowych. Ponadto określono wskaźnik efektywności energetycznej dla poszczególnych sposobów uprawy roli.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w RSD Zawady w latach 1999–2002. Doświadczenie polowe przeprowadzono metodą łanową bezpowtórzeniową. Doświadczenie z pszenżytem ozimym w kolejnych trzech latach zakładano na glebach kompleksu żytniego dobrego, klasy bonitacyjnej IVb, zaliczanych do gleb lekkich wytworzonych z piasków gliniastych lekkich oraz piasków słabogliniastych. Na poszczególnych obiektach zastosowano zróżnicowaną uprawę późniwną i przedsięwzięcia: A – po żniwach podorywka – 12 cm, orka siewna – 20 cm – uprawa tradycyjna, B – po żniwach kultywatorowanie, orka siewna – 20 cm, C – po żniwach talerzowanie, orka siewna – 20 cm, D – bez uprawy późniwnej (Roundup 360 SL – 3 l·ha⁻¹ na ściernisko), orka siewna – 20 cm,

E – bez uprawy poźniwej, orka siewna – 20 cm, F – po żniwach orka – 20 cm, bez orki siewnej, G – po żniwach talerzowanie, bez orki siewnej. Przed siewem zastosowano nawożenie w ilości 90 kg P_2O_5 oraz 110 kg K_2O . Pszenżyto odmiany Tornado wysiewano około 25 września w ilości 220 $kg \cdot ha^{-1}$. Wiosną zastosowano nawożenie azotem w wysokości 80 $kg N \cdot ha^{-1}$ w dwóch dawkach. W fazie krzewienia wykonano oprysk herbicydem Chwastox Turbo 340 SL w ilości 2,5 $l \cdot ha^{-1}$.

W trakcie poszczególnych zabiegów uprawowych, siewu nasion, opryskiwania i nawożenia wykonano pomiary zużycia paliwa (metodą pełnego zbiornika) oraz zużycia czasu pracy (stoperem). Nakłady energetyczne oraz wartość energetyczną plonu obliczono na podstawie wskaźników energochłonności produktów rolniczych opracowanych przez IBMER, a przytoczonych za Harasimem (6). Oceny istotności różnic dokonano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji odpowiedniej dla układu losowanych bloków, zalecanej przy opracowaniu tego typu doświadczeń.

Warunki meteorologiczne w kolejnych trzech sezonach wegetacyjnych przedstawiono według danych z punktu pomiarowego w Zawadach. Najwyższą sumą opadów w miesiącach wiosenno-letnich charakteryzował się sezon wegetacyjny 1999/2000 (245,0 mm), nieco niższe opady w tym samym okresie odnotowano w sezonie 2000/2002 (224,9 mm), a najniższe – w sezonie 2000/2001. Jednak z punktu widzenia zapotrzebowania roślin na wodę najkorzystniejszy był sezon 2001/2002, gdzie aż 112,4 mm opadów przypadało na maj i czerwiec, czyli okres największego zapotrzebowania roślin na wodę. Sezon 1999/2000 był szczególnie niekorzystny z dwóch powodów. Deficyt wody w miesiącach najintensywniejszego wzrostu roślin (maj-czerwiec) nałożył się na szczególnie dużą ilość opadów w lipcu, kiedy to rośliny kończą wegetację i nadmiar wody powoduje nierównomierne dojrzewanie i problemy ze zbiorem roślin. Sezon 2000/2001 charakteryzował się dosyć korzystnym rozkładem opadów, gdyż nie zaobserwowano znaczącego deficytu wody w okresie wegetacji, a w okresie zbioru opady były zdecydowanie niższe niż w pozostałych latach badań.

WYNIKI

W zużyciu paliwa przy uprawie poźniwej wystąpiły bardzo widoczne różnice. Zastąpienie podorywki zabiegami alternatywnymi skutkowało zmniejszeniem zużycia paliwa o około 60% (tab. 1). Nie zaobserwowano natomiast znaczących różnic pomiędzy talerzowaniem i kultywatorowaniem, chociaż w poszczególnych latach wynosiły one 0,25–1,22 $l \cdot ha^{-1}$. Spowodowane było to w głównej mierze warunkami atmosferycznymi. Największe zużycie paliwa zarówno przy podorywce, jak i przy zabiegach alternatywnych zanotowano w roku badań, który charakteryzował się bardzo niską ilością opadów w lipcu i na początku sierpnia, w związku z czym gleba stawała znacznie większy opór narzędziom uprawowym. Największe znaczenie miało to w przypadku kultywatorowania, gdzie zużycie paliwa było wyższe od średniej z pozostałych lat o ponad 25%.

Tabela 1

Zużycie paliwa i czasu pracy przy poszczególnych zabiegach uprawowych (średnie z lat 1999–2002)
 Fuel consumption and human labour inputs of particular agricultural measures (1999–2002)

Zabieg uprawowy Agricultural measure	Zużycie paliwa Fuel consumption (l·ha ⁻¹)	Zużycie czasu pracy Human labour inputs (h·ha ⁻¹)	Nakłady energetyczne Energy inputs (MJ·ha ⁻¹)
Podorywka 12 cm First ploughing to 12 cm	11,74	1,18	543,1
Orka 20 cm; Ploughing to 20 cm			
po ściernisku; after stubble	13,56	1,32	625,6
po kultywatorowaniu; after cultivating	13,18	1,35	610,7
po talerzowaniu; after disc harrowing	13,18	1,35	610,7
po podorywce; after first ploughing	14,86	1,48	686,9
Orka 25 cm; Ploughing to 25 cm			
po ściernisku; after stubble	14,98	1,42	689,6
po kultywatorowaniu; after cultivating	13,65	1,45	634,6
po talerzowaniu; after disc harrowing	13,64	1,45	634,2
po podorywce; after first ploughing	15,87	1,62	735,1
Talerzowanie; Disc harrowing	4,16	0,47	194,5
Kultywatorowanie; Cultivation	4,78	0,50	221,9
Bronowanie; Harrowing			
broną średnią; medium	1,81	0,30	88,5
broną ciężką; heavy	3,77	0,33	172,4
Stosowanie agregatu uprawowego; Aggregating			
po orce; after ploughing	5,41	0,41	244,9
po talerzowaniu; after disc harrowing	6,00	0,50	273,4
Siew; Sowing	3,40	0,33	156,8
Opryskiwanie; Spraying	1,00	0,20	50,2

Zastąpienie podorywki zabiegami alternatywnymi owocowało również skróceniem czasu niezbędnego do wykonania uprawy poźniwej o 60%, natomiast różnice pomiędzy talerzowaniem i kultywatorowaniem były bardzo niewielkie.

Zwiększenie głębokości orki wiązało się ze wzrostem zużycia paliwa. Przy pogłębieniu orki z 12 do 20 cm stwierdzono wzrost zużycia paliwa na każdy dodatkowy centymetr średnio o 0,21 l·ha⁻¹, natomiast przy dalszym zwiększaniu głębokości do 25 cm wystąpił wzrost zużycia paliwa o 0,25 l·ha⁻¹ na każdy centymetr głębokości. Dość znaczące różnice wystąpiły w zależności od rodzaju uprawy poprzedzającej. Zarówno przy głębokości 20, jak i 25 cm najbardziej paliwochłonna okazała się orka wykonywana po podorywce, co spowodowane było większym poślizgiem kół ciągnika. Najmniej paliwa używano orząc pola, na których wcześniej wykonano płytką uprawę bezorkową. Różnica w zużyciu paliwa wynosiła od 11 do 14%. Rozbież-

ności wyników pomiędzy poszczególnymi latami były znacznie mniejsze niż w przypadku uprawy późniejszej i nie przekraczały w żadnym z analizowanych przypadków 10%.

Zwiększenie głębokości orki wiązało się również z wydłużeniem czasu niezbędnego do jej wykonania, nie zaobserwowano jednak aż tak znaczących różnic pomiędzy poszczególnymi głębokościami jak w przypadku zużycia paliwa. W znacznie większym stopniu czas niezbędny do wykonania orki różnicowała uprawa poprzedzająca. Najbardziej czasochłonne okazały się orki po podorywce, inaczej jednak niż przy zużyciu paliwa kształtował się czas pracy niezbędny do zaorania pola po zabiegach alternatywnych i na ściernisku. Zaobserwowano tendencję do wydłużania czasu wykonania orki wraz ze wzrostem intensywności zabiegów poprzedzających.

Zużycie paliwa przy pozostałych zabiegach uprawowych oraz przy siewie i stosowaniu herbicydów również w pewnym stopniu wpływało na paliwochłonność całych technologii. Z pozostałych zabiegów znaczące zużycie paliwa wystąpiło przy przygotowaniu pola do siewu agregatem złożonym z kultywatora i wału strunowego, z tym że zaobserwowano różnice pomiędzy obiektami, w których wykonywano orkę, a tym, gdzie orki nie wykonywano. Gleba po orce stawiała znacznie mniejszy opór, więc średnie zużycie paliwa było niższe o około 10%. Nie zaobserwowano natomiast znaczących różnic pomiędzy poszczególnymi latami badań.

Czas niezbędny do wykonania pozostałych zabiegów nie przekraczał przy żadnym z nich $0,5 \text{ h}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nie wystąpiły widoczne różnice pomiędzy poszczególnymi latami, natomiast w przypadku przygotowania pola do siewu agregatem uprawowym o czasie pracy decydowało to, czy wykonywana była orka, czy tylko płytka uprawa talerzówką (tab. 1).

Największe zróżnicowanie wielkości nakładów energetycznych wystąpiło w przypadku uprawy roli (tab. 2). Najwyższe nakłady odnotowano w obiekcie z uprawą tradycyjną (podorywka + orka siewna). Wynosiły one $1939 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zastąpienie podorywki kultywatorowaniem lub talerzowaniem skutkowało spadkiem nakładów o średnio 21%. Zastosowanie orki razówki powodowało dalszy spadek nakładów o 10–20%. Najniższe nakłady poniesiono w obiektach, w których zupełnie zrezygnowano z orki, a ograniczono się tylko do płytkiego spulchniania gleby talerzówką i agregatem uprawowym. Nie przekraczały one 50% nakładów poniesionych przy technologii tradycyjnej. Wielkość nakładów na pozostałe elementy agrotechniki przedstawiono w tabeli.

Suma nakładów energetycznych poniesionych na agrotechnikę pszenżyta ozimego kształtowała się w granicach $12619\text{--}13625 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. Różnica w wysokości nakładów wynikała przede wszystkim z odmiennych nakładów poniesionych na uprawę roli przy poszczególnych technologiach. Zdecydowanie największe nakłady poniesiono na nawożenie roślin. W zależności od obiektu stanowiło ono od 62,5% do 67,5% wszystkich nakładów, przy czym samo nawożenie azotem pochłaniało prawie 50%. Znaczący udział w nakładach miały też materiał siewny (12–13%), zbiór (9–10%). Udział nakładów poniesionych na uprawę roli wahał się w granicach od 7,4% przy

Tabela 2

Nakłady energetyczne w MJ·ha⁻¹ (średnie z lat 1999–2002)
The energy inputs in MJ ha⁻¹ (1999–2002)

Rodzaj nakładu Type of input	Sposoby uprawy roli; System of soil tillage*						
	A	B	C	D	E	F	G
Material siewny Seed material	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650
Uprawa i pielęgnacja Tillage and cultivation	1939,5	1541,7	1514,3	1298,1	1247,0	1335,5	933,4
Nawożenie Fertilization	N	6160,0	6160,0	6160,0	6160,0	6160,0	6160,0
	P	1260,0	1260,0	1260,0	1260,0	1260,0	1260,0
	K	1100,0	1100,0	1100,0	1100,0	1100,0	1100,0
Ochrona Crop protection	255,0	255,0	255,0	579,0	255,0	255,0	255,0
Zbiór; Harvest	1260,5	1260,5	1260,5	1260,5	1260,5	1260,5	1260,5
Razem nakłady All inputs	13625,0	13227,2	13199,8	13307,6	12932,5	13021,0	12618,9

*A – po żniwach podorywka – 12 cm, orka siewna – 20 cm – uprawa tradycyjna

first ploughing – 12 cm, pre-sowing ploughing – 20 cm

B – po żniwach kultywatorowanie, orka siewna – 20 cm

cultivator application, pre-sowing ploughing – 20 cm

C – po żniwach talerzowanie, orka siewna – 20 cm

disc harrowing, pre-sowing ploughing – 20 cm

D – bez uprawy pożniwnej (Roundup 360 SL – 3 l/ha na ściernisku), orka siewna – 20 cm

without post-harvest cultivation, including the herbicide Roundup 360 SL, pre-sowing ploughing – 20 cm

E – bez uprawy pożniwnej, orka siewna – 20 cm

without post-harvest cultivation (without a herbicide), pre-sowing ploughing – 20 cm

F – po żniwach orka – 20 cm, bez orki siewnej

ploughing – 20 cm, without pre-sowing ploughing

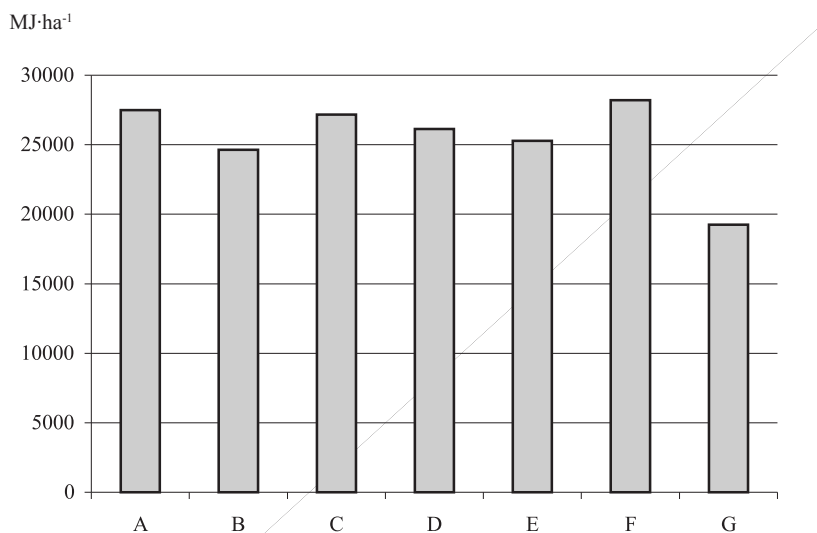
G – po żniwach talerzowanie, bez orki siewnej

disc harrowing, without pre-sowing ploughing

technologii bez orki do 14,2% przy tradycyjnej uprawie roli. Nakłady na herbicydy nie przekraczały w większości obiektów 2% ogółu, jedynie w obiekcie, gdzie w ramach uprawy pożniwnej zastosowano Roundup 360 SL wzrosły one do 4,3%.

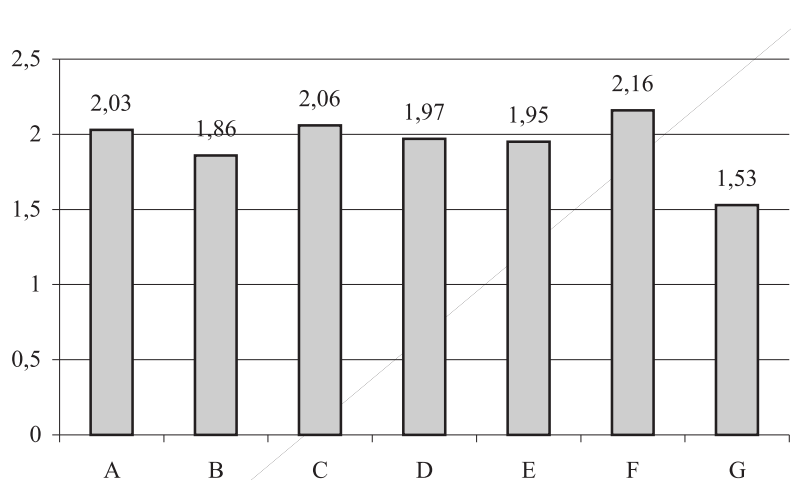
Najwięcej ziarna pszenżyta ozimego zebrano w obiekcie z orką razówką na głębokość 20 cm wykonaną tuż po żniwach. Plon był tu nawet o 2,6% wyższy w stosunku do obiektu z uprawą tradycyjną. W obiekcie z talerzowaniem po żniwach odnotowano spadek plonu ziarna o 1,2%, natomiast o 5,0% niższy plon uzyskano po zastąpieniu uprawy pożniwnej stosowaniem herbicydu. W efekcie rezygnacji z uprawy pożniwnej obserwowano spadek plonu o 8,0%. Zupełne zaniechanie orki doprowadziło do spadku plonu w stosunku do uprawy tradycyjnej o 30,0% i był to spadek istotny w stosunku do większości pozostałych obiektów (rys. 1).

W uprawie pszenżyta ozimego stosowanie większości z proponowanych uproszczeń nie powodowało znaczącego zmniejszenia się efektywności energetycznej (rys. 2).



NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) = 5720

Rys. 1. Plon ziarna pszenżyta ozimego w zależności od sposobu uprawy roli
(średnie z lat 2000–2002)
Yielding of winter triticale in dependence on the type of soil cultivation (1999–2002)



NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) = 0,44

Rys. 2. Wskaźnik efektywności energetycznej produkcji pszenżyta ozimego w zależności od sposobu uprawy roli (średnie z lat 1999–2002)
Index of energy effectiveness of winter triticale production in dependence on the type of soil cultivation (1999–2002)

Najwyższą efektywność poniesionych nakładów otrzymano w obiekcie z orką razówką wykonaną tuż po żniwach. Również późniejsze talerzowanie pozwalało na otrzymanie nieznacznie wyższej efektywności energetycznej niż przy uprawie tradycyjnej. Tylko w przypadku zupełnego zaniechania wykonywania orki obliczony wskaźnik efektywności energetycznej był istotnie niższy od otrzymanego na wymienionych wyżej obiektach, pozostałe uproszczenia nie powodowały natomiast potwierdzonych statystycznie różnic. Znaczne różnice wystąpiły w wysokości wskaźnika w poszczególnych latach badań. W pierwszym roku, ze względu na najmniej korzystne warunki pogodowe, kształtował się on na istotnie najniższym poziomie. Najkorzystniejszy okazał się 2002 rok, w którym odnotowano wzrost wskaźnika o średnio ponad 30%.

DYSKUSJA

Nie ulega wątpliwości, że uprawa roli jest jednym z podstawowych elementów decydujących o możliwościach uzyskiwania wysokich, a jednocześnie stabilnych plonów. Stwarza ona warunki do szybkich i wyrównanych wschodów, a w następstwie tego łanów o odpowiedniej zwartości, które mogą efektywnie reagować na pozostałe elementy agrotechniki. Pomimo szeregu badań prowadzonych w różnych ośrodkach, trudno znaleźć w doniesieniach wskazania do całkowitej rezygnacji z uprawy roli. Nawet ci badacze, którzy otrzymali bardzo korzystne wyniki dotyczące reakcji roślin na uproszczenia uprawowe, są bardzo ostrożni w formułowaniu ostatecznych wniosków. Powszechna jest opinia, że specyfika produkcji roślinnej sprawia, że wyniki mogą bardzo często ulec diametralnej zmianie pod wpływem oddziaływania któregoś z czynników determinujących rozwój roślin. Jest jednak pewne, że w sprzyjających warunkach uproszczenia przyczyniają się do znacznego zmniejszenia ponoszonych nakładów.

Badania prowadzone w RFN wykazały, że przejście od tradycyjnej uprawy do siewu bez orki pozwala na zmniejszenie zużycia paliwa o 68% (13). Siew bezpośredni, wykonywany siewnikami talerzowymi z pominięciem przedsewnej uprawy gleby, powoduje według badań specjalistów brytyjskich zmniejszenie zużycia oleju napędowego o 60–90%, a zdaniem specjalistów amerykańskich o 68–75% w porównaniu z uprawą tradycyjną. Zastąpienie orki przez spulchnianie gleby narzędziami zębatymi lub talerzowymi powodowało zmniejszenie zużycia paliwa w Anglii o około 34%, w USA o 44–71%, a na Białorusi niekiedy nawet o 80% (17). Wyniki badań południowoafrykańskich wykazały możliwość uzyskania w ten sposób oszczędności paliwa rzędu 50% (1). Vilde (16) szacuje, że nowe technologie pozwolą zaoszczędzić 24–36% nakładów energii i 16–32% pracy ponoszonych na uprawę.

Zdecydowanie korzystniej w stosunku do podorywki kształtują się nakłady niezbędne do wykonania alternatywnych zabiegów późniejszych. Na wykonanie talerzowania potrzeba było o prawie 30% mniej czasu pracy i aż o 37% mniej paliwa, dla kultywatorowania odpowiednio ponad 40 i 45%. Energochłonność przy talerzowaniu była o 36%, a przy kultywatorowaniu o 44% niższa niż przy podorywce (8). Cież (4)

podaje, że wydajność kultywatora o szerokości roboczej 5 metrów jest w zależności od wielkości pola 5–6-krotnie większa niż pługa o szerokości roboczej 1,1 metra. Różnice w nakładach na podorywkę i zabiegi alternatywne (kultywatorowanie i talerzowanie) były znacznie większe niż w badaniach Goneta (8). Wynikają one niewątpliwie z odmiennych parametrów narzędzi stosowanych w uprawie, szczególnie istotna była tu szerokość robocza.

Energochłonność orki zależy w głównej mierze od głębokości ich wykonania oraz od stanu gleby. Wzrost energochłonności orki spowodowany jest głównie wzrostem zużycia paliwa, a w mniejszym stopniu wydłużeniem czasu pracy. Podobnie jak w innych badaniach (8, 14) wzrost zużycia paliwa przy pogłębianiu orki był znacznie większy w przedziale 20–25 cm niż w przedziale 15–20 cm. Jednak różnice w badaniach własnych były mniejsze niż w doniesieniach literaturowych. Gawrońska-Kulesza (7) twierdzi, że pogłębienie orki o każdy 1 cm poniżej 15 cm powoduje wzrost zużycia paliwa w granicach 0,48–0,55 $\text{dcm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Podobne wyniki uzyskał Gonet (8). Różnica w zużyciu paliwa przy podorywce i orce głębszej wynosiła 5,49 $\text{l} \cdot \text{ha}^{-1}$, a różnica w energochłonności pomiędzy orką płytką a orką głęboką wynosiła 241 $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Roszak i in. (14) zaobserwowali bardzo niewielki wzrost zużycia paliwa przy pogłębianiu orki z 15 do 20 cm. Zwiększenie głębokości o kolejne 5 cm skutkowało znacznie większym wzrostem zużycia paliwa, ale pogłębienie orki do 30 cm nie było już tak paliwochłonne. Odmiennie kształtował się czas niezbędny do wykonania orki na odpowiednią głębokość. Aż 10 minut więcej potrzebowano na zaoranie pola na głębokość 20 cm w porównaniu z orką na 15 cm. Dalsze pogłębianie bardzo nieznacznie zwiększało zapotrzebowanie na czas pracy. Łączne nakłady energii wahały się od 296 $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ przy orce na głębokość 15 cm wykonywanej po podorywce do 580 $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ przy 30 cm orce po ściernisku.

Według innych badań (10), zwiększenie głębokości orki o każde 10 cm w przedziale 10–30 cm skutkowało wzrostem nakładów energii skumulowanej ponoszonych na uprawę roli o 20–30%, z tym że większy wzrost wystąpił w przedziale 10–20 cm. Bardzo zbliżone wyniki otrzymano w badaniach własnych.

Dość duże rozbieżności istnieją co do czasu pracy przy orkach na poszczególnej głębokości. Otrzymane wyniki sugerują, że zarówno zmiany między podorywką i orką na 20 cm, jak i między orką na 20 cm i 25 cm są analogiczne. Roszak i in. (14) podają, że znacznie większe różnice występują w pierwszym z wymienionych przedziałów, natomiast Gonet (8) za bardziej czasochłonne uważa pogłębienie orki z 20 do 25 cm.

Orka po podorywce okazała się bardziej paliwo- i pracochłonna niż orka po ściernisku. Jest to sprzeczne z doniesieniami podającymi, że przy orce na ściernisku obserwuje się znacznie większe zużycie paliwa niż na polu uprzednio podoranym (14).

Pomimo że uproszczenia pozwalają zaoszczędzić nawet do 60% nakładów energetycznych ponoszonych na uprawę roli, to w ostatecznym rozliczeniu całej agrotechniki nie przekraczają one 10%. Najwyższą efektywność poniesionych nakładów otrzymano w obiekcie z orką razówką wykonaną tuż po żniwach. Tylko w przypad-

ku zupełnego zaniechania wykonywania orki wskaźnik efektywności energetycznej był istotnie niższy niż w obiektach z orką razówką, podorywką i późnym talerzowaniem.

Przeprowadzone w latach 1999–2002 badania pozwoliły na energetyczną ocenę uproszczonych sposobów uprawy roli pod pszenżyto ozime. Uzyskane w badaniach wyniki nie wskazały jednoznacznie, który z rozpatrywanych sposobów uprawy gleby jest najodpowiedniejszy dla pszenżyta ozimego. Dość znaczące różnice w poszczególnych latach badań, wynikające z niestabilnego plonowania pszenżyta, skłaniają do dużej ostrożności przy formułowaniu ostatecznych wniosków. Potwierdzają to również wyniki wcześniejszych badań (15).

Rozpatrując korzyści związane ze stosowaniem uproszczeń należy pamiętać również o tym, że skrócenie czasu pracy niezbędnego do przygotowania roli do siewu pozwala niejednokrotnie na siew nasion w odpowiednich terminach agrotechnicznych, co w konsekwencji może przyczynić się do lepszego plonowania. Jednakże w sytuacjach, gdy czasu od zbioru przedplonu do siewu rośliny następczej jest dużo, zbyt długie pozostawianie gleby bez wykonywania żadnych zabiegów może sprzyjać niekorzystnym zjawiskom, takim chociażby jak zachwaszczenie.

WNIOSKI

1. Niewielki udział nakładów na uprawę roli w całokształcie nakładów energetycznych sprawia, że nawet dość znaczne oszczędności w tym elemencie agrotechniki pociągają za sobą bardzo nieznaczny spadek ponoszonych nakładów.

2. Przeprowadzone badania potwierdziły, że wykonywanie orki razówki tuż po spręć przedplonu jest jak najbardziej wskazane w agrotechnice pszenżyta ozimego.

3. Spośród badanych sposobów uprawy roli pod pszenżyto ozime najwyższą efektywność energetyczną ponoszonych nakładów uzyskano przy późnym talerzowaniu i orce razówce wykonywanej tuż po żniwach. W największym stopniu efektywność energetyczną obniżyła pełna rezygnacja z uprawy płużnej, co zostało potwierdzone statystycznie.

LITERATURA

1. Boshoff B.D., Heyns A., Grobler J.H.: Conservation tillage as an effective fuel and cost saving method. 10-th International Congress of Agricultural Engineering, Budapest, 1984, 246-253.
2. Budzyński W., Dubas B., Wróbel E.: Ekonomiczna i energetyczna efektywność różnych sposobów pielęgnacji i nawożenia pszenżyta ozimego. Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rolnictwo, 2000, **206**: 31-38.
3. Budzyński W., Szempliński W.: Rolnicza, jakościowa i energetyczna ocena różnych sposobów odchwaszczania i nawożenia azotem jarej pszenicy chlebowej. Cz. II. Energochłonność uprawy. Roczn. Nauk Rol., A, 1996, **112(1-2)**: 93-101.

4. Cież J.: Czynniki wzrostu wydajności maszyn rolniczych. Roczn. AR Poznań, Melioracje i Inżynieria Środowiska, 1988, **200**: 65-71.
5. Dzienia S.: Siew bezpośredni technologią alternatywną. Mat. Konf. „Siew bezpośredni w teorii i praktyce”, Szczecin-Barzkowice, 1995, 9-19.
6. Harasim A.: Kompleksowa ocena płodozmianów z różnym udziałem roślin zbożowych i okopowych. Monografie i rozprawy naukowe., IUNG, Puławy, 2002.
7. Gawrońska-Kulesza A.: Systemy i metody uprawy roli. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1997, **439**: 185-193.
8. Gonet Z.: Metoda i niektóre wyniki badań energochłonności systemów uprawy. *Fragm. Agron.*, 1991, **2**: 7-18.
9. GUS: Ciągniki, maszyny rolnicze i inne środki transportowe. Powszechny Spis Rolny 1996, 1997.
10. Jankowski K.: Wpływ głębokości orki na efektywność ekonomiczną produkcji nasion rzepaku ozimego. *Fragm. Agron.*, 2002, **2**: 273-284.
11. Korona E., Budzyński W., Fedejko B.: Rolnicza i energetyczna ocena różnych sposobów nawożenia azotem pszenżyta jarego. *Zesz. Nauk. AR Szczecin*, 1994, **162**: 79-84.
12. Lorencowicz E.: Racjonalne formy mechanizacji prac polowych w gospodarstwach indywidualnych. Roczn. AR Poznań, Rolnictwo, 1988, CC, **36**: 135-142.
13. Pawlak J.: Racjonalizacja gospodarki energią w pracach polowych. *Mech. Rol.*, 1986, **12**: 3.
14. Roszak W., Radecki A., Opic J.: Energochłonność ork wykonanych w różnych warunkach. *Fragm. Agron.*, 1991, **2**: 39-46.
15. Starczewski J.: Studium nad agrotechniką pszenżyta - Lasko i Grado, pszenicy - Jana oraz żyta - Dańkowskiego Złotego. *Rozpr. Nauk. WSR-P Siedlce*, 1988, Nr 26.
16. Vilde A.: Energetyczno-ekonomiczna ocena systemów uprawy roli. *Zesz. Nauk. AR Szczecin*, 1999, **195**: 213-222.
17. Zaremba W.: Oszczędność energii w rolnictwie. *Międz. Czas. Rol.*, 1984, **5**: 46-53.

ENERGY EFFICIENCY OF DIFFERENT VARIANTS OF SOIL TILLAGE THE CULTIVATION OF WINTER TRITICALE

The research was carried out at the Zawady Experimental Station in 1999–2002. A field experiment was established without any replications. The following post-harvest cultivation methods were taken into account: A – first ploughing – 12 cm, B – cultivator application, C – disc harrowing, D – without post-harvest cultivation, including the herbicide Roundup 360 SL, E – without post-harvest cultivation (without a herbicide), F – ploughing – 20 cm, G – disc harrowing. Only in the first five units pre-sowing ploughing was applied, whereas on plots no 6 and 7 the ploughing was abandoned. During particular cultivation operations (seed sowing, spraying, fertilizing) the fuel consumption and labour time were measured. The energy inputs were calculated on the basis of the indices of energy consumption of agricultural products provided by IBMER (Institute for Building, Mechanisation and Electrification of Agriculture) and cited by Harasim (4). Estimation of significance of differences was based on a one-factor analysis of variance in the random blocks design.

Substitution of the first ploughing with alternative practices yielded in reduction of fuel consumption and the time necessary to carry out tillage by about 60%. No distinct differences between disc harrowing and cultivation application were observed. An increase in fuel consumption by about 1.70 l·ha⁻¹ was observed when the ploughing was deepened from 12 to 20 cm. A further increase in the depth of ploughing to 25 cm resulted in an increase in fuel consumption by 1.25 l·ha⁻¹. Both at the depth of 20 and 25 cm, the largest amount of fuel was consumed in the case of ploughing following the first ploughing.

An increase in the depth of ploughing was also connected with the longer time necessary to carry out this operation. In winter triticale cultivation no significant reduction in energy efficiency was observed after application of most of the suggested simplifications. The highest efficiency of inputs was obtained

on the unit including single ploughing done immediately after the harvest. Compared with the conventional cultivation, the post-harvest disc harrowing enabled obtaining slightly lower energy efficiency. Only when ploughing was abandoned, the calculated index of energy efficiency was significantly lower compared with the index obtained for the above-mentioned units.

The research showed that winter triticale well tolerates small simplifications in pre-sowing soil cultivation.

Praca wpłynęła do Redakcji 1 VI 2005 r.