



wymaga znacznych nakładów czasu, pracy i energii. Jak podają Dzienia i Sosnowski [1990] oraz Gonet [1991], orka może pochłonąć 25–40% całkowitych nakładów robocizny i nawet do 50% paliwa zużywanego w całym procesie agrotechnicznym. W celu ograniczenia tych nakładów poszukuje się nowych sposobów uprawy roli, które nie tylko zapewnią oczekiwaną wysokość plonu i wydajność pracy, ale także poprzez obniżenie zużycia energii znacznie zredukują koszty produkcji. Cel ten można osiągnąć, wprowadzając pewne modyfikacje w samej uprawie roli. Proponuje się m.in. zastąpienie tradycyjnej orki przez zabiegi bardziej wydajne, jak np. wykorzystanie kultywatorów o łapach sztywnych, agregatów uprawowych, uprawowo-siewnych; włącznie z zastosowaniem najbardziej skrajnej formy uproszczeń, jaką jest siew bezpośredni [Radecki 1986, Dzienia i in. 1990].

Celem niniejszej pracy jest ocena efektywności energetycznej różnych sposobów uprawy roli, stosowanych w trójpolowym zmianowaniu na glebie średniej.

#### METODY

Badania realizowano w latach 1994–1999 w ścisłym, statycznym eksperymencie polowym założonym metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach. Doświadczenie zlokalizowano na glebie średniej, brunatnej właściwej, wytworzonej z gliny lekkiej pylastej (klasa bonitacyjna IIIb, kompleks pszenny dobry). Głównym czynnikiem były trzy sposoby uprawy roli, wykonywane corocznie w skróconym 3-polowym zmianowaniu z następującym doбором roślin: bobik (odmiana Nadwisiański) – pszenica ozima (Almari) – jęczmień jary (Klimek).

Schemat eksperymentu przedstawiał się następująco: A. Tradycyjna uprawa płuzna (obiekt kontrolny) – składała się z pełnego lub skróconego zespołu upraw późniejszych, obejmującego podorywkę wraz z jej doprawianiem, przedsiewnych zabiegów pod pszenicę ozimą (podstawę stanowiła tu orka siewna). Pod rośliny jare (bobik i jęczmień) wykonywano głęboką orkę przedzimową (zięblę) oraz niezbędne zabiegi uzupełniające, wykonywane wyłącznie narzędziami biernymi (agregat złożony z kultywatora i wału strunowego). B. Uprawa bezorkowa – podorywkę i orkę siewną stosowaną na obiekcie kontrolnym zastąpiono tu kultywatorowaniem na głębokość 18–20 cm, używając grubera. Przed siewem pszenicy ozimej rolę doprawiono ciężką broną zębową, po zbiorze jęczmienia jarego i pszenicy ozimej stosowano kultywator, a przed zimą glebę spulchniono głęboszem do głębokości 40 cm pod bobik i 30 cm pod jęczmień jary; przed siewem zabiegi doprawiające przeprowadzono jak w wariantcie kontrolnym (A). C. Siew bezpośredni – zabiegi późniejsze i przedsiewne zastąpiono chemicznym odchwaszczaniem (Reglone w ilości 3 l/ha). Siew wszystkich roślin wykonywano

specjalnie dostosowanym do tego celu siewnikiem; po zbiorze jęczmienia jarego i pszenicy ozimej wysiewano roślinę mulczującą (gorczyca biała w ilości 20 kg/ha).

Doświadczenie prowadzono wszystkimi polami (roślinami) jednocześnie. Rośliny wysiewano w optymalnych terminach i ilościach, zalecanych dla poszczególnych gatunków i odmian. Nawożenie wyłącznie mineralne było dostosowane do gatunków roślin: pod bobik wysiano 210 kg/ha NPK (50 kg N, 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 kg K<sub>2</sub>O) oraz odpowiednio pod pszenicę ozimą 240 kg (90, 70, 80) i jęczmień jary 200 kg (70, 50, 80). Zabiegi chemiczne ochrony roślin każdego roku były jednolite na wszystkich kombinacjach uprawowych. Dostosowano je do poszczególnych gatunków oraz nasilenia agrofaga w danym sezonie. Posługiwano się najnowszymi (dostępnymi) preparatami, zgodnie z zaleceniami IOR w Poznaniu.

Analizę efektywności energetycznej przeprowadzono, posługując się metodą zalecaną przez FAO [Wielicki 1990]. Przy liczeniu wartości energetycznej plonów przyjęto, że 1 kg suchej masy ma wartość energetyczną 18,36 MJ. Wykorzystując wskaźniki opracowane przez Ziółcewą i in. [1979], plony główne (ziarno, nasiona) przeliczono na suchą masę, a następnie na MJ. Wielkość nakładów skumulowanych w środkach produkcji ustalono według faktycznego zużycia nawozów, materiału siewnego i środków ochrony roślin. Zużyte paliwo, pracę żywą oraz wszystkie inne materiały i środki produkcji przeliczono na MJ, wykorzystując w tym celu odpowiednie wskaźniki energochłonności, stosowane w rachunku energetycznym produkcji roślinnej [Wójcicki 1981; Anuszewski 1987; Pawlak 1989; Wielicki 1989; Goć, Muzalewski 1997].

Jednostkową energochłonność skumulowaną wybranych środków produkcji przyjęto do obliczeń jak następuje: nawozy azotowe (N) – 77 MJ/kg, nawozy fosforowe (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 14 MJ/kg, nawozy potasowe (K<sub>2</sub>O) – 10 MJ/kg, nawozy wapniowe (CaO) – 6 MJ/kg, pestycydy – 300 MJ/kg substancji aktywnej, ziarno zbóż i nasiona bobiku – 7,5 MJ/kg, paliwo – 48 MJ/kg, praca – 40 MJ/1 rbh, ciągniki, maszyny i narzędzia – 112 MJ/kg. Wskaźnik efektywności energetycznej ( $E_e$ ) obliczono według wzoru:  $E_e = P_e/N_e$ , gdzie:  $P_e$  – wartość energetyczna plonu uzyskanego z 1 ha (MJ),  $N_e$  – wielkość nakładów energetycznych poniesionych na uzyskanie plonu z 1 ha (MJ).

#### WYNIKI

Z danych zawartych w tabeli 1 wynika, że zarówno w produkcji poszczególnych roślin testowych, jak i całym zmianowaniu największą energochłonność wykazywała agrotechnika z tradycyjną uprawą płużną. Różnice w nakładach energii okazały się tu jednak stosunkowo niewielkie, bowiem w odniesieniu do wariantu z siewem bezpośrednim były wyższe tylko o 5,6%, a w porównaniu

z uprawą bezorkową o 6,1%. Powyższy układ ukształtował się zgodnie z oczekiwaniami, ponieważ w uprawie płuźnej (z założenia najbardziej energochłonnej) co roku przeprowadzano tradycyjne zabiegi poźniwne (podorywka + jej doprawianie), orkę siewną i jej doprawianie pod pszenicę ozimą, orkę głęboką pod rośliny jare (bobik, jęczmień jary) z wiosennymi pracami przedsięwziętymi. W uprawie bezorkowej zamiast podorywki wprowadzono wydajniejsze i mniej energochłonne kultywatorowanie. Zastąpiło ono orkę siewną pod pszenicę ozimą, a pod rośliny jare wprowadzono jesienne głęboszowanie, które pod względem zapotrzebowania energii nieznacznie ustępuje ziębli. Z kolei na obiektach z siewem bezpośrednim, w porównaniu z uprawą tradycyjną i bezorkową, w miejsce zabiegów mechanicznych stosowano niezbędne opryski herbicydem w celu oczyszczenia stanowiska, siew roślin z użyciem specjalnego siewnika, który pracuje w nieuprawianej glebie oraz siew gorczycy białej jako rośliny mulczującej.

O efektywności energetycznej produkcji w największym stopniu decydują uzyskane plony. Średnio za sześćdziesiąt lat najwyższą wartość energetyczną plonu uzyskano w pszenicy ozimej, na obiektach, gdzie rolę do siewu przygotowano sposobem tradycyjnym (wariant A), najniższą zaś w jęczmieniu jarym – po siewie bezpośrednim (wariant C).

Porównując między sobą poszczególne rośliny testowe, stwierdza się najniższą energochłonność w agrotechnice pszenicy ozimej, najwyższą bobiku i pośrednią – jęczmienia jarego (tab. 1). Można to częściowo wyjaśnić usytuowaniem roślin w zmianowaniu, a więc i specyfiką stosowanych zabiegów, a także w pewnym stopniu wartością energetyczną materiału siewnego. Pszenicę ozimą wysiewano po bobiku i ze względu na jego długi okres wegetacji oraz termin zbioru nie stosowano pełnego zespołu uprawek poźniowych.

W przygotowaniu stanowisk pod rośliny jare (bobik i jęczmień jary) tego rodzaju ograniczenia nie występowały. W obu wariantach uprawowych (poza siewem bezpośrednim) pszenicę wysiewano po wykonaniu mniej energochłonnych zabiegów podstawowych, aniżeli miało to miejsce w przypadku bobiku i jęczmienia (pszenica: na uprawie tradycyjnej – orka średnia, na bezorkowej – kultywatorowanie; bobik i jęczmień odpowiednio – orka głęboka i głęboszowanie).

Wielicki [1989] podaje, iż w przeciętnych warunkach gospodarowania na jedną jednostkę nakładów energetycznych powinny przypadać cztery jednostki energetyczne wytworzonego produktu. Uzyskane wyniki potwierdzają spełnienie tego warunku tylko w przypadku pszenicy ozimej. Najmniejszą sprawnością cechowała się uprawa jęczmienia jarego, gdzie wskaźnik efektywności energetycznej wahał się od 2,37 przy siewie bezpośrednim do 2,75 w warunkach uprawy tradycyjnej. Niezależnie od uprawianej rośliny, w okresie analizowa-

nego sześćościa, spośród porównywanych systemów uprawy roli najlepiej wypadła tradycyjna uprawa płuzna, gdzie wskaźnik efektywności energetycznej wyniósł 3,98 (tab. 1).

Tabela 1. Nakłady na agrotechnikę i wartość zebranych plonów roślin w jednostkach energetycznych  
Table 1. Cultivation expenditures and value of gathered crops expressed in energy units

Wyszczególnienie Item	Uprawa roli Soil tillage		
	tradycyjna traditional	bezorkowa no tillage	siew bezpo- średni direct sowing
Bobik Faba bean			
Nakłady energii, MJ/ha Energy input, MJ/ha	17694	16466	16721
Wartość energetyczna plonu, MJ/ha Energetic value of the crop, MJ/ha	58858	53866	47893
Wskaźnik efektywności energetycznej Energy effectiveness index	3,33	3,22	2,87
Pszenvica ozima Winter wheat			
Nakłady energii, MJ/ha Energy input, MJ/ha	14633	13788	13827
Wartość energetyczna plonu, MJ/ha Energetic value of the crop, MJ/ha	88248	81477	78859
Wskaźnik efektywności energetycznej Energy effectiveness index	6,03	5,91	5,70
Jęczmień jary Spring barley			
Nakłady energii, MJ/ha Energy input, MJ/ha	15175	14331	14292
Wartość energetyczna plonu, MJ/ha Energetic value of the crop, MJ/ha	41769	36141	33915
Wskaźnik efektywności energetycznej Energy effectiveness index	2,75	2,52	2,37
Średnio w zmianowaniu Mean in forecrop			
Nakłady energii, MJ/ha Energy input, MJ/ha	15834	14862	14947
Wartość energetyczna plonu, MJ/ha Energetic value of the crop, MJ/ha	62956	57165	53556
Wskaźnik efektywności energetycznej Energy effectiveness index	3,98	3,85	3,58

W strukturze nakładów energetycznych dominowały nawozy mineralne, których udział wyniósł przeciętnie od 44,5 (uprawa tradycyjna) do 47,4% (uprawa bezorkowa) – tab. 2. Następną pozycję w obu wariantach uprawy zajmowały środki techniczne i paliwo; wynosiły one 24,9% przy uprawie klasycznej i 20,9% w warunkach uprawy bezorkowej, a zdecydowanie niższy udział tego rodzaju nakładów cechował siew bezpośredni (11,6%). W całości nakładów

energetycznych najmniej udział miały środki ochrony roślin na obiekcie kontrolnym i uprawie bezorkowej (około 5%), natomiast przy siewie bezpośrednim wskutek zużycia większej ilości herbicydów nastąpił ponaddwukrotny ich wzrost.

Tabela 2. Struktura nakładów energetycznych poniesionych na wykonanie produkcji roślinnej  
Table 2. Structure of energy inputs for the production of cultivated crops

Uprawa roli Soil tillage	Nakłady energetyczne Energy input, %				
	siła robocza labor	środki techniczne i paliwo technical means and fuel	nawozy mineralne mineral fertilizers	materiał siewny sowing material	środki ochrony roślin pesti- cides
Bobik Faba bean					
Tradycyjna Traditional	12,9	28,5	38,9	17,3	2,5
Bezorkowa No tillage	12,8	25,0	41,3	18,3	2,6
Siew bezpośredni Direct sowing	14,7	14,0	41,2	21,0	9,1
Pszemica ozima Winter wheats					
Tradycyjna Traditional	9,1	18,7	49,2	14,2	8,8
Bezorkowa No tillage	8,8	13,6	52,9	15,2	9,5
Siew bezpośredni Direct sowing	10,6	7,6	52,1	15,0	17,7
Jęczmień jary Spring barley					
Tradycyjna Traditional	11,9	27,5	45,4	10,9	4,3
Bezorkowa No tillage	11,8	24,1	48,1	11,5	4,6
Siew bezpośredni Direct sowing	13,5	13,2	48,2	14,2	10,9
Średnio w zmianowaniu Mean in forecrop					
Tradycyjna Traditional	11,3	24,9	44,5	14,1	5,2
Bezorkowa No tillage	11,1	20,9	47,4	15,0	5,6
Siew bezpośredni Direct sowing	12,3	11,6	47,2	16,7	11,6

Prezentowane wyniki na ogół są zbieżne z pracami innych autorów, w których podaje się między innymi, iż w zależności od gatunku rośliny od 40 do 70% energii zużywanej w produkcji polowej przypada właśnie na uprawę roli [Dzienia, Sosnowski 1990, Gonet 1991, Biskupski, Sienkiewicz 1994; Dzienia i in. 1994]. Według Budzyńskiego i in. [1995] energochłonność uprawy można zmniejszyć nawet o 22%, stosując głębosz i orkę płytką, zaś o 13% wprowadzając maszyny aktywne. Kordas [1999] udowodnił, że nakłady energetyczne maleją w miarę wprowadzania uproszczeń, aż do siewu bezpośredniego włącznie.

## WNIOSKI

1. Nakłady energetyczne poniesione na agrotechnikę wszystkich trzech badanych roślin były najwyższe przy stosowaniu tradycyjnej (płużnej) uprawy roli, najniższe zaś w warunkach uprawy bezorkowej; bardziej energochłonna okazała się agrotechnika bobiku i jęczmienia jarego, niż pszenicy ozimej.

2. Na podstawie wskaźnika efektywności energetycznej stwierdzono największą przydatność tradycyjnej uprawy płużnej, a najmniejszą – siewu bezpośredniego. Układ ten dotyczy agrotechniki w zmianowaniu: bobik–pszenica ozima–jęczmień jary na glebie średniej.

3. Uproszczenia uprawy roli, a zwłaszcza wprowadzenie siewu bezpośredniego, spowodowały, iż w strukturze nakładów energetycznych (w stosunku do tradycyjnej uprawy płużnej) malał udział środków technicznych i paliwa, a wzrastał środków ochrony roślin.

## PIŚMIENNICTWO

- Anuszewski R. 1987. Metoda oceny energochłonności produktów rolniczych (MET). Zag. Ekon. Rol. 4, 16–26.
- Biskupski A., Sienkiewicz J. 1994. Efektywność różnych sposobów późniejszej i przedwiosennej uprawy roli pod pszenicę ozimą i rzepak ozimy. *Fragm. Agron.* 1, 72–81.
- Budzyński W., Fedejko B., Szempliński W., Majewska K. 1995. Energetyczna, produkcyjna oraz jakościowa ocena różnych technologii uprawy ozimej pszenicy chlebowej. *Fragm. Agron.* 3, 33–52.
- Dzienia S., Pisker T., Wereszczaka J. 1994. Wpływ uproszczonych sposobów uprawy gleby na nakłady energetyczne i plonowanie pszenżyta ozimego. *Zesz. Nauk. AR Szczecin*, 162, *Agricult.* 58, 45–48.
- Dzienia S., Sosnowski A. 1990. Uproszczenia w podstawowej uprawie roli, a wysokość nakładów energii. *Fragm. Agron.* 3, 71–79
- Goć E., Muzalewski A. 1997. Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne maszyn i ciągników rolniczych stosowanych w gospodarstwach indywidualnych. IBMER, Warszawa.
- Gonet Z. 1991. Metoda i niektóre wyniki badań energochłonności systemów uprawy roli. *Fragm. Agron.* 2, 7–18.
- Kordas L. 1999. Energochłonność i efektywność różnych systemów uprawy roli w zmianowaniu. *Zesz. Nauk. AR Szczecin* 195. *Agricult.* 74, 47–52.
- Pawlak J. 1989. Analiza energochłonności produkcji roślinnej. W: Organizacyjne i ekonomiczne aspekty mechanizacji produkcji roślinnej w indywidualnych gospodarstwach rolnych. PWRiL Warszawa, 63–68.
- Radecki A. 1986. Studia nad możliwością zastosowania siewu bezpośredniego na czarnych ziemiach właściwych. *Zesz. Nauk. SGGW., Rozpr. Nauk.* 56, 3–86.
- Wielicki W. 1989. Analiza efektywności energetycznej w rolnictwie. *Post. Nauk Rol.* 1, 69–86.
- Wójcicki Z. 1981. Energochłonność produkcji rolniczej. *Rocz. Nauk Rol., Ser. C* 75, 1, 165–198.
- Ziołocka A., Kuźdowicz M., Kielanowski J. 1979. Tabele składu chemicznego i wartości pokarmowej pasz krajowych. PWN Warszawa.

