

Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, Akademia Podlaska  
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce, Poland

Dorota Dopka

Efektywność energetyczna zróżnicowanej uprawy przedsiewnej  
na przykładzie pszenżyta ozimego

---

Energy effectiveness of differentiated pre-sowing cultivation based on an example of winter triticale

ABSTRACT. In the following paper the energy aspect of differentiated pre-sowing cultivation was considered, taking into account the effect of the connection with increasing three-dose nitrogen fertilization. The comparison of the energy value of winter triticale yield ( $P_e$ ) with total energy outlay ( $N_e$ ) enabled to determine the yield energy effectiveness. An mean energy effectiveness of winter triticale yield amounted to 3.65. It was highest in the pre-sowing cultivation with a cultivator (3.79) and the nitrogen dose of  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  (3.95). The combination of the two factors made it possible to obtain the highest index of energy effectiveness (4.16). Under mean conditions of farming, four energy units of obtained products should follow from one unit of energy outlay.

KEY WORDS: energy evaluation, winter triticale, energy value of yield, energy outlay, energy effectiveness, index of energy intensity

Podstawowym elementem agrotechniki jest uprawa roli. Powinna ona być dostosowana do wymagań danej rośliny, przebiegu pogody, rodzaju gleby. W nauce i praktyce rolniczej podejmuje się próby zmian dotychczasowych technik uprawy roli. Doświadczenia wielu krajów, a zwłaszcza Europy Zachodniej i Stanów Zjednoczonych, wskazują na możliwość daleko idących uproszczeń [Laur i in. 2001; Starczewski i in. 2003] aż do siewu bezpośredniego włącznie [Radecki 1986].

Celem niniejszego opracowania było określenie efektywności energetycznej produkcji pszenżyta ozimego w zależności od sposobu przedsięwnej uprawy roli i poziomu nawożenia azotem.

#### METODY

Główne założenia metodyczne i materiały źródłowe przedstawiono w pracy Dopki [2004]. W analizie efektywności energetycznej uwzględniono jednostkową energochłonność skumulowaną środków produkcji. Dokonano analizy efektywności energetycznej, przy uwzględnieniu wartości energetycznej plonów, posługując się metodą zalecaną przez FAO [Wielicki 1990], w której przyjęto, że 1 kg suchej masy ma wartość energetyczną równą 18,36 MJ. Plon główny pszenżyta ozimego (ziarno) przeliczono na plon suchej masy, wykorzystując w tym celu wskaźniki opracowane przez Ziółcewą i in. [1979], co wyrażono w GJ. W pracy przyjęto, że ziarno pszenżyta zawiera 86,75% suchej masy. Następnie obliczono nakłady energetyczne dla kolejno wykonywanych zabiegów uprawowych, ujmując wielkość nakładów energetycznych, skumulowanych w środkach produkcji, według faktycznego zużycia nawozów mineralnych (wapniowych, fosforowych, potasowych i azotowych), materiału siewnego i środków ochrony roślin. W obliczeniach uwzględniono nakłady energetyczne ponoszone w trakcie wykonywania poszczególnych zabiegów uprawowych przy użyciu maszyn i ciągników rolniczych dla trzech wariantów uprawy przedsięwnej. Ilość zużytego paliwa, nakłady pracy żywej i środki produkcji przeliczono na GJ, wykorzystując w tym celu odpowiednie wskaźniki energochłonności, stosowane w rachunku energetycznym produkcji roślinnej [Wójcicki 1981; Anuszewski 1987; Harasim 1988; Pawlak 1989; Wielicki 1989; Fereniec 1997; Goć, Mazalewski 1997]. Jednostkowa energochłonność skumulowana środków produkcji przyjęta do obliczeń była następująca: nawozy mineralne, w tym wapniowe (CaO) – 6 MJ kg<sup>-1</sup>, fosforowe (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 14 MJ kg<sup>-1</sup>, potasowe (K<sub>2</sub>O) – 10 MJ kg<sup>-1</sup> i azotowe (N) – 77 MJ kg<sup>-1</sup>, środki ochrony roślin – 300 MJ kg<sup>-1</sup> substancji aktywnej, nasiona zbóż – 7,5 MJ kg<sup>-1</sup>, paliwo – 48 MJ kg<sup>-1</sup>, praca ludzi – 40 MJ na 1 robotnikogodzinę, ciągniki i maszyny – 112 MJ kg<sup>-1</sup>. Miarą końcowej oceny energetycznej jest wskaźnik efektywności energetycznej [Wójcicki 1981]. W pracy obliczono efektywność energetyczną produkcji (E<sub>e</sub>) pszenżyta ozimego, przy uwzględnieniu zróżnicowanej uprawy przedsięwnej i różnych poziomów nawożenia azotem, dzieląc wartość energetyczną plonu ziarna uzyskanego z 1 ha w GJ (P<sub>e</sub>) przez wielkość nakładów energetycznych poniesionych na uzyskanie plonu z 1 ha w GJ (N<sub>e</sub>). Ponadto dokonano oceny poziomu intensywności produkcji, przyjmując, iż jedna jednostka intensywności energetycznej

Tabela 1. Skala oceny intensywności produkcji rolniczej oparta na jej energochłonności [Harasim 1991]  
 Table 1. Scale of estimation of agricultural production intensity based on its energy consumption [Harasim 1991]

Poziom intensywności produkcji Production intensity level	I	II	III	IV
Wielkość wskaźnika intensywności energetycznej nakładów w punktach Value of the index of energy intensity in points	<2,00	2,01-3,00	3,01-4,00	>4,00

nakładów, czyli jeden punkt intensywności, równa się zużyciu energii na poziomie 10000 MJ [Jerzak 1988]. Ocenę poziomu intensywności produkcji opartą na energochłonności, przeprowadzono wykorzystując skalę zaproponowaną przez Harasima [1991] – tabela 1.

#### WYNIKI

Dane dotyczące średnich plonów ziarna pszenżyta ozimego z lat badań (1993–1995) i wartość energetyczną plonów ziarna przedstawiono w tabeli 2. Całkowite nakłady energetyczne poniesione przy uprawie pszenżyta ozimego (tab. 3) wyniosły średnio 29,59 GJ ha<sup>-1</sup> i były największe przy kombinacji orki i najwyższego poziomu nawożenia azotem (34,27 GJ ha<sup>-1</sup>). Nawozy mineralne (tab. 4) stanowiły najbardziej energochłonny element agrotechniki (średnio 65,5%). Zależności te są zbieżne z wynikami licznych badań krajowych nad energochłonnością, w których udowodniono, iż nawożenie stanowi główny składnik nakładów w produkcji [Wójcicki 1981; Anuszewski 1987; Pawlak 1989; Wielicki 1990]. Najwięcej energii wniosły z nawozów mineralnych nawozy azotowe, zastosowane w dawce 150 kg N ha<sup>-1</sup> i 100 kg N ha<sup>-1</sup> (29,3% i 24,9%). Dalszą pozycję zajęły nawozy wapniowe, które wniosły do gleby 21,0% całej energii. Stosunkowo mało energii wniosły nawozy fosforowe i potasowe – 9,9%. Uprawa przedsięwnej wniosła średnio 3,5% energii, z czego uprawa płuzna 5,1%; gryzowanie 3,9% a kultywatorowanie 1,5%. Zastąpienie tradycyjnej uprawy przedsięwnej gryzowaniem zmniejszyło nakłady energetyczne o 1,2%. Zastosowaniu kultywatora zamiast glebogryzarki pozwoliło na oszczędności energetyczne w ilości 2,4%. Średnio w doświadczeniu 1% równał się 295,87 MJ. Do podobnych wniosków doszli: Starczewski [1985], Starczewski i Kublik [1987], Gonet i in. [1988], Dzienia i Sosnowski [1990], Dzienia i in. [1993, 1994]. Różnice w nakładach poniesionych przez zróżnicowane uprawy przedsięwne były głównie związane z różnym czasem potrzebnym do wykonania

Tabela 2. Plon ziarna pszenżyta ozimego i jego wartość energetyczna  
Table 2. Winter triticale grain yield and its energetic value

Uprawy przedsiewne Pre-sowing operations	Plon ziarna Grain yield t ha <sup>-1</sup>				Wartość energetyczna plonu ziarna Grain yield energetic value GJ ha <sup>-1</sup>			
	dawka azotu nitrogen doses, kg N ha <sup>-1</sup>							
	50	100	150	średnio mean	50	100	150	średnio mean
Orka Plough	6,42	6,69	7,05	6,72	102,22	106,62	112,32	107,05
Gryzowanie Rotary cultivator	6,06	6,88	6,91	6,62	96,57	109,58	110,07	105,41
Kultywatorowanie Cultivator	6,53	6,99	6,97	6,83	103,94	111,40	111,08	108,81
Średnio Mean	6,34	6,86	6,98	6,72	100,91	109,20	111,16	107,09

Tabela 3. Nakłady i efektywność energetyczna produkcji pszenżyta ozimego  
Table 3. Outlays and energy effectiveness of winter triticale production

Uprawy przedsiewne Pre-sowing operations	Nakład energetyczny Energy outlays, GJ ha <sup>-1</sup>				Wskaźnik efektywności energetycznej Energy effectiveness index			
	dawka azotu nitrogen doses, kg N ha <sup>-1</sup>							
	50	100	150	średnio mean	50	100	150	średnio mean
Orka Plough	26,04	29,89	34,27	30,07	3,92	3,57	3,28	3,59
Gryzowanie Rotary cultivator	25,66	29,51	33,89	29,69	3,76	3,71	3,25	3,57
Kultywatorowanie Cultivator	24,98	28,83	33,20	29,00	4,16	3,86	3,34	3,79
Średnio Mean	25,56	29,41	33,79	29,59	3,95	3,71	3,29	3,65

Tabela 4. Struktura nakładów energetycznych w zależności od sposobu uprawy przedsiewnej w %  
Table 4. Energy outlays structure according to the method of pre-sowing cultivation in %

Rodzaje nakładów Type of outlays	Uprawa przedsiewna Pre-sowing operation		
	orka plough	gryzowanie rotary cultivator	kultywatorowanie cultivator
Materiał siewny Sowing material	4,1	4,1	4,2
Nawozy mineralne Mineral fertilizers	64,7	65,5	66,4
Środki ochrony roślin Plant protection agents	1,4	1,4	1,4
Paliwo Fuel	20,8	20,0	18,9
Siła pociągowa i maszyny Traction force and machines	5,2	5,2	5,2
Siła robocza Labour	3,8	3,8	3,9
Razem Total	100	100	100

orki, gryzowania i kultywatorowana ( $2,0 \text{ h ha}^{-1}$ ,  $1,4 \text{ h ha}^{-1}$  i  $0,6 \text{ h ha}^{-1}$ ) oraz ze zużyciem paliwa na wykonanie tych zabiegów ( $28,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $19,7 \text{ kg ha}^{-1}$  i  $7,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ), co potwierdzają doniesienia literatury [Biskupski i in. 2000]. Wykonanie siewu, zastosowanie herbicydu i retardantu oraz zbiór wniosły porównywalne ilości energii (tab. 4).

Średnio efektywność energetyczna plonu wynosiła 3,65 (tab. 3). Najwyższa była w warunkach uprawy przedsięwnej wykonanej kultywatorom ( $3,79$ ) i przy nawożeniu azotem w dawce  $50 \text{ kg N ha}^{-1}$  ( $3,95$ ). Przy szczegółowej analizie nakładów energetycznych poniesionych na uprawę przedsięwną i nawożenie azotem stwierdzono, że energochłonność była najmniejsza, gdy rolę przed siewem kultywatorowano i stosowano nawożenie azotem w dawce  $50 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Wówczas współczynnik efektywności energetycznej wynosił  $4,16$  (tab. 3). Wielicki [1989] podaje, że w przeciętnych warunkach gospodarowania na jedną jednostkę nakładów energetycznych powinny przypadać cztery jednostki energetyczne wytworzonego produktu. Zatem uzyskane wyniki potwierdzają spełnienie tego warunku tylko przy zastosowaniu kultywatora i najniższego poziomu nawożenia azotem. Najgorsze efekty przyniosła uprawa wykonana glebogryzarką i nawożenie azotem w dawce  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$  ( $E_e = 3,25$ ). W warunkach przeprowadzonych badań osiągnięto II poziom intensywności produkcji, przy punktowym wskaźniku intensywności energetycznej nakładów, wynoszącym średnio  $2,96$ . Natomiast nawożenie azotem w dawce  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$ , przy każdej z przedsięwnych upraw, przyczyniało się do wzrostu poziomu intensywności produkcji. Nawożenie azotem w dawce  $50$  lub  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$ , niezależnie od uprawy przedsięwnej, powodowało, że intensywność produkcji utrzymywała się na II poziomie. Wykonanie tradycyjnej uprawy przedsięwnej spowodowało uzyskanie III poziomu intensywności produkcji, zaś zastosowanie glebogryzarki lub kultywatora doprowadziło do jego obniżenia (II).

Wyrażenie nakładów i efektów produkcyjnych w jednostkach energetycznych jest bardziej obiektywne niż stosowanie miernika pieniężnego. Częste zmiany cen na środki produkcji i uzyskane produkty oraz relacje między nimi, a także rozbieżności między cenami i rzeczywistą wartością dóbr powodują, że wyniki takich analiz, oparte na mierniku pieniężnym, szybko się dezaktualizują [Harasim 1988; Wielicki 1989].

#### WNIOSKI

1. Zastosowanie kultywatora lub glebogryzarki zamiast pługa prowadziło do zmniejszenia nakładów energetycznych poniesionych na uprawę roli.

2. Zróżnicowanie nakładów energetycznych ponoszonych na uprawy przedsięwne było głównie spowodowane pracochłonnością tych zabiegów i różnym zużyciem paliwa.

3. Najwięcej energii zużyto w formie nawozów mineralnych, zwłaszcza azotowych zastosowanych w najwyższej dawce ( $150 \text{ kg N ha}^{-1}$ ).

4. Najwyższą efektywność energetyczną produkcji pszenżyta ozimego zapewniło użycie przed siewem kultywatora i zastosowanie azotu w najmniejszej dawce ( $50 \text{ kg N ha}^{-1}$ ).

#### PIŚMIENICTWO

- Anuszewski R. 1987. Metody oceny energochłonności produktów rolniczych (MET). Zag. Ekon. Rol. 4, 16–26.
- Biskupski A., Kaus A., Włodek S., Pabin J. 2000. Wpływ uproszczeń uprawy roli na plonowanie roślin, czasochłonność uprawy i zużycie paliwa. Inż. Rol. 6, 85–90.
- Dopka D. 2004. Ocena zróżnicowanej uprawy przedsięwnej na przykładzie pszenżyta ozimego a plonowanie i zmiany składowych plonu. Annales UMCS, Sec. E, 59, 4, 2015–2022.
- Dzienia S., Sosnowski A. 1990. Uproszczenia w uprawie roli, a wysokość nakładów energetycznych. Fragm. Agron. 3, 71–79.
- Dzienia S., Piskier T., Wereszczaka J. 1993. Wpływ uproszczonych metod uprawy gleby na nakłady energetyczne i plonowanie pszenżyta ozimego. Mat. symp. „Biologia i uprawa pszenżyta”. Międzyzdroje.
- Dzienia S., Piskier T., Wereszczaka J. 1994. Wpływ uproszczonych sposobów uprawy gleby na nakłady energetyczne i plonowanie pszenżyta ozimego. Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rol. 58, 162, 46–48.
- Fereniec J. 1997. Zarys ekonomiki i organizacji rolnictwa. WSRP, Siedlce.
- Goć E., Mazalewski A. 1997. Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne maszyn i ciągników rolniczych stosowanych w gospodarstwach indywidualnych. IBMER, Warszawa.
- Gonet Z., Zaorski T. 1988. Energochłonność orki w różnych warunkach glebowych. Pam. Puł. 91, 137–152.
- Harasim A. 1988. Zbiór mierników i wskaźników stosowanych w badaniach ekonomiczno-rolniczych. IUNG Puławy, R 250.
- Harasim A. 1991. Zbiór mierników i wskaźników stosowanych w badaniach ekonomiczno-rolniczych. Suplement do zeszytu R 250, IUNG Puławy, R 287.
- Jerzak M. 1988. W kwestii mierzenia i wykorzystania wskaźnika intensywności produkcji rolnej. Służba Rol. 3, 3–9.
- Laur U., Alaru M., Joama E. 2001. Winter triticale cultivars yield formation. Proceedings of the International Conference on sustainable Agriculture in Baltic States. Tartu, Estonia, 28–30 June, 99–103.
- Pawlak J. 1989. Analiza energochłonności produkcji roślinnej. [W:] Organizacyjne i ekonomiczne aspekty mechanizacji produkcji w indywidualnych gospodarstwach rolnych. PWRiL, Warszawa, 63–68.

- Radecki A. 1986. Studia nad możliwością zastosowania siewu bezpośredniego na czarnych ziemiach właściwych. *Rozp. Nauk. i Monogr.*, Warszawa, 56.
- Starczewski J. 1985. Możliwości zastosowania siewu bezpośredniego przy uprawie roślin w plonie głównym. *Zesz. Nauk. WSRP Siedlce, Ser. Rolnictwo* 5, 349–365.
- Starczewski J., Kublik E. 1987. Możliwości wprowadzenia uproszczeń uprawy roli pod poplony ścierniskowe i plony wtóre. *Zesz. Nauk. WSRP Siedlce, Ser. Rolnictwo* 16, 9–27.
- Starczewski J., Bombik A., Dopka D. 2003. Reakcja pszenżyta ozimego na wybrane czynniki agrotechniczne. *Folia Univ. Agric. Stetin., Agricult.* 231, 183–192.
- Wielicki W. 1989. Analiza efektywności energetycznej w rolnictwie. *Post. Nauk Rol.* 1, 69–86.
- Wielicki W. 1990. Energochłonność produkcji roślinnej. *Studium międzynarodowe. Służ. Rol.* 1/2, 1–6.
- Wójcicki Z. 1981. Energochłonność produkcji rolniczej. *Rocz. Nauk Rol., Ser. C*, 75, 1, 165–197.
- Ziolecka A., Kuźdowicz M., Kielanowski J. 1979. Tabele składu chemicznego wartości pokarmowej pasz krajowych. PWN, Warszawa.

