

Tomasz Dobek*, Małgorzata Dziewanowska**
*Zakład Użytkowania Maszyn i Urządzeń Rolniczych,
Akademia Rolnicza w Szczecinie
**Zakład Technicznego Zabezpieczenia Okrętów
Politechnika Szczecińska

STRUKTURA ENERGOCHŁONNOŚCI PRODUKCJI PSZENICY OZIMEJ NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO GOSPODARSTWA

Streszczenie

Celem badań było przeprowadzenie oceny energetycznej technologii produkcji pszenicy ozimej. Badania przeprowadzono, w latach 2000–2002, na terenie województwa lubuskiego na glebach IIIa, IIIb i IVa klasy bonitacyjnej. Zakres realizowanych badań obejmował określenie przedplonu, analizę i ocenę technologii produkcji pszenicy ozimej, określenie rodzaju i liczby wykonywanych zabiegów, analizę wykorzystania maszyn i narzędzi, obliczenie energochłonności skumulowanej poniesionej na produkcję, energii odzyskanej w postaci wyprodukowanej pszenicy ozimej, obliczenie nakładów energii oraz współczynnik efektywności energetycznej. Z przeprowadzonych badań wynika, że w strukturze energochłonności produkcji najwyższą wartość stanowiły materiały i surowce. We wszystkich badanych technologiach uzyskano wysoki współczynnik efektywności energetycznej i waha się on od 1,49 w roku 2000 do 1,80 w roku 2001.

Słowa kluczowe: energochłonność skumulowana, nakłady energii, pszenica ozima, współczynnik efektywności energetycznej, zużycie paliwa

Wykaz oznaczeń

- E_{tech} – nakłady energii skumulowanej badanej technologii, [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$],
 ΣE_{mat} – energochłonność stosowanych materiałów, [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$],
 ΣE_{na} – energochłonność stosowanych agregatów, [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$],
 ΣE_{pal} – energochłonność zużytego paliwa, [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$],
 ΣE_r – energochłonność pracy ludzkiej, [$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$].

- W_{ee} – współczynnik efektywności energetycznej badanej technologii,
 W_{prod} – energochłonność produkcji pszenicy ozimej, $MJ \cdot ha^{-1}$,
 W_{prz} – energia odzyskana w postaci ziarna pszenicy ozimej, $[MJ \cdot ha^{-1}]$.

Wstęp

Badania dotyczące energochłonności w produkcji rolniczej rozpoczęto w latach siedemdziesiątych. Występujący wówczas kryzys paliwowy spowodował bowiem wzrost zainteresowania zmianami technologii umożliwiającymi zmniejszenie zużycia energii w produkcji rolniczej, a głównie dążenie do zmniejszenia zużycia paliwa. Stały wzrost ceny paliw był odbierany jako czynnik powodujący wzrost kosztów produkcji i dlatego dążenie do zmniejszenia zużycia tych nośników energii było elementem ograniczania kosztów produkcji [Ortiz-Cañavate, Hermanz 1999]. Pod koniec lat siedemdziesiątych rozpoczęto kompleksowe oceny energochłonności produkcji rolniczej, wykonywane tzw. metodą ciągnioną obejmującą pomiar nakładów energetycznych zawartych w środkach produkcji oraz w bezpośrednich nośnikach energii i pracy ludzi oraz zwierząt pociągowych. W Polsce prace dotyczące badań energochłonności ciągnionej rozpoczął zespół pod kierunkiem Wójcickiego. Zespół ten opracował metodykę badań, według której była obliczana energochłonność produkcji różnych produktów rolniczych [Anuszewki, Pawlak, Wójcicki 1979; Kowalski i in. 2002; Wójcicki 1981; Wójcicki 2000].

Stosowane do tej pory w polskim rolnictwie technologie produkcji pszenicy ozimej charakteryzują się dużymi nakładami pracy i energii. Wynika to głównie z niewłaściwie dobranych agregatów i ze złej organizacji pracy. Celem badań było przeprowadzenie analizy i oceny energetycznej produkcji pszenicy ozimej oraz obliczenie współczynnika efektywności energetycznej. Zakres badań obejmował analizę i ocenę technologii produkcji pszenicy ozimej w aspekcie energochłonności poszczególnych zabiegów oraz ich struktury. Uprawa pszenicy ozimej mimo dokonującego się postępu, relatywnie do innych upraw, nadal wymaga dużych nakładów materiałowych, energetycznych i finansowych. Wprowadzanie nowych i bardziej wydajnych maszyn umożliwia aktualnie ograniczanie nakładów energii i pracy ludzkiej [Hryncewicz 1992].

Metodyka i warunki badań

Badania przeprowadzono w gospodarstwie rolnym na terenie województwa lubuskiego na glebach IIIa i IVa klasy bonitacyjnej. Analiza prowadzona była w latach 2000-2002. Do analizy nakładów energetycznych związanych z produkcją pszenicy ozimej zastosowano metody opracowane przez IBMER. Dodatkowo w założe-

niach uwzględniono najnowsze współczynniki energochłonności skumulowanej [Wójcicki 2000]. Energochłonność skumulowana dla badanych zabiegów obliczona została z zależności (1):

$$E_{tech} = \sum E_{mat} + \sum E_{agr} + \sum E_{pal} + \sum E_r, \text{ [MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\text{]} \quad (1)$$

Natomiast współczynnik efektywności energetycznej określono jako stosunek energochłonności skumulowanej odzyskanej w postaci wyprodukowanego ziarna pszenicy ozimej do energii potrzebnej do wyprodukowania pszenicy ozimej. Współczynnik ten wyrażono zależnością (2):

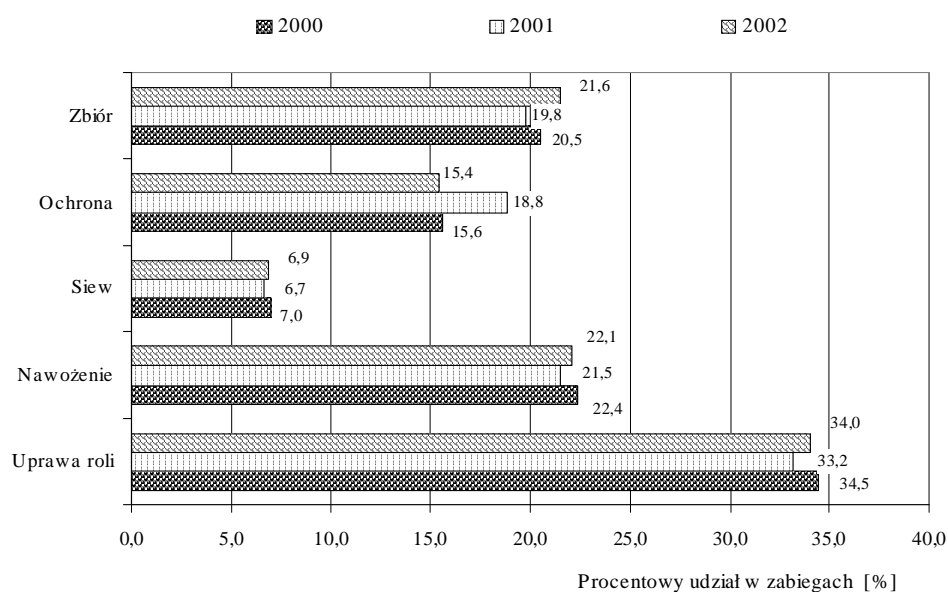
$$W_{ee} = \frac{W_{prz.}}{W_{prod}} \quad (2)$$

W badanym gospodarstwie pszenica ozima uprawiana była na powierzchni 324 ha w roku 2000, 362 ha w roku 2001 i 405 ha w roku 2002. W badanych latach zastosowano w uprawie roli pług obracalny 7-skibowy Kverneland, kultywator Turbo II oraz wał uprawowy Rollex 620 Vaderstad, do siewu zastosowano 4,5 m siewnik uniwersalny DL Kverneland, zbiór wykonywano metodą jednoetapową kombajnem, nawożenie za pomocą 36 m rozsiewacza typu DS-XL Kverneland. Różnica polegała jedynie na liczbie wykonanych chemicznych zabiegach ochrony roślin, których w roku 2000 i 2002 wykonano cztery, natomiast w latach 2001 – pięć. Zabiegi te wykonywano za pomocą 36 m opryskiwacza Rau. W latach 2000 – 2001 zbiór pszenicy ozimej przeprowadzano kombajnem John Deere, a w roku 2002 kombajnem Deutz-Fahr. Ze względu na stosowane nowoczesne i wysokowydajne agregaty przeprowadzono badania eksploatacyjne. Przeprowadzone badania eksploatacyjne umożliwiły obliczenie wydajności eksploatacyjnej stosowanych agregatów, nakładów energii, energochłonności skumulowanej maszyn i narzędzi oraz współczynnika efektywności energetycznej w badanych technologiach. W roku 2000 uzyskano plon $5,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, w roku 2001 – $6,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast w roku 2002 – $6,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Wyniki badań i dyskusja

Przeprowadzone badania i analiza technologii produkcji pszenicy ozimej umożliwiły obliczenie energochłonności skumulowanej. Energochłonność skumulowana, a ściślej nakłady materiałowo-energetyczne przeanalizowano w czterech strumieniach energii przedmiotowej w: ciągnikach, maszynach i środkach transportu, w częściach zamiennych i materiałach wykorzystywanych do napraw, w bezpośrednim nośniku energii (paliwie), w materiałach i surowcach oraz w pracy

ludzkiej. Analizując uzyskane wartości energochłonności skumulowanej w odniesieniu do realizowanych zabiegów, można stwierdzić, że najwyższa energochłonność skumulowana wystąpiła w uprawy roli i wyniosła ona $1674 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, co stanowi 34,5% w roku 2000, 33,2% w roku 2001 i 34,0% w roku 2002 całkowitej energochłonności realizowanych zabiegów (rys. 1).



Rys. 1. Procentowy udział energochłonności skumulowanej w zabiegach dla badanych technologii produkcji pszenicy ozimej

Fig. 1. The share of energy consumption, cumulated in the treatments, for the examined technologies of winter wheat production

Najniższą energochłonnością skumulowaną charakteryzował się siew nasion, który w badanych latach wyniósł $339 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, co stanowiło 7,0% w roku 2000, 6,7% w roku 2001 i 6,9% w roku 2002. Największe różnice wystąpiły w ochronie chemicznej uprawy. Energochłonność skumulowana w chemicznej ochronie w roku 2000 i 2002 wyniosła $750 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast w roku 2001 – $951 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. Energochłonność skumulowaną w odniesieniu do poszczególnych zabiegów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Struktura energochłonności skumulowanej dla poszczególnych zabiegów w badanych technologiach produkcji pszenicy ozimej

Table 1. Structure of cumulated energy consumption for the specific treatments in the examined technologies of winter wheat production

Rok badań	Uprawa roli		Nawożenie		Siew nasion		Ochrona		Zbiór		Razem MJ·ha ⁻¹
	MJ·ha ⁻¹	%	MJ·ha ⁻¹	%	MJ·ha ⁻¹	%	MJ·ha ⁻¹	%	MJ·ha ⁻¹	%	
2000	1674	34,5	1087	22,4	339	7,0	760	15,6	997	20,5	4857
2001	1674	33,2	1087	21,5	339	6,7	951	18,8	997	19,8	5048
2002	1674	34,0	1087	22,1	339	6,9	760	15,4	1061	21,6	4921
Średnia	1674	33,9	1087	22,0	339	6,9	824	16,6	1018	20,6	4942

Analizując natomiast energochłonność skumulowaną produkcji pszenicy ozimej można stwierdzić, że wartość energochłonności skumulowanej wahała się od 32331 MJ·ha⁻¹ w roku 2002 do 34013 MJ·ha⁻¹ w roku 2001, a maksymalna różnica wyniosła 4,9% (tabela 2). W strukturze energochłonności skumulowanej w odniesieniu do materiałów i surowców, eksploatacji maszyn i narzędzi, paliwa oraz nakładów pracy, to największym udziałem charakteryzuje się energochłonność materiałów, której średnia wartość wyniosła 23427 MJ·ha⁻¹ czyli 70,9% całkowitej energochłonności skumulowanej produkcji. Na drugim miejscu była energochłonność maszyn i narzędzi 4463 MJ·ha⁻¹ czyli 15,0%, a najmniejszą wartość energochłonności skumulowanej uzyskano w przypadku pracy ludzkiej gdzie jej wartość wyniosła ona średnio 191,3 MJ·ha⁻¹ (0,6%). W grupie materiałów (nawozy, środki ochrony i nasiona), największą pozycję stanowiły nawozy, które w roku 2000 i 2001 r. wyniosły 75,9%, a w 2002 74,2%, a w roku 2003 83,73% całkowitej energochłonności skumulowanej zawartej w materiałach, natomiast najniższą wartością charakteryzowała się energochłonność zawarta w środkach chemicznych i wyniosła – 9,4% w roku 2000, 10,2% w roku 2001 i 9,5% w roku 2002. Strukturę energochłonności produkcji pszenicy ozimej w badanych technologiach w latach 2000 – 2002 przedstawiono w tabeli 2.

Wszystkie badane technologie miały wysoki współczynnik efektywności energetycznej. Najwyższą efektywnością charakteryzowała się produkcja w roku 2001, gdzie współczynnik efektywności energetycznej wyniósł 1,80. Spowodowane to było wzrostem poziomu nawożenia, przez co uzyskano wyższy plon, a tym samym wyższą wartość energetyczną przy zmniejszonej energochłonności produkcji pszenicy ozimej. Najniższą efektywnością energetyczną charakteryzowała się produkcja pszenicy ozimej w roku 2000, w której współczynnik efektywności wyniósł 1,49, co stanowi 82,8% wartości współczynnika uzyskanego w roku 2001. Natomiast nakłady energii w badanych latach wahały się od 338,5 kWh·ha⁻¹ w roku

2000 do 358,9 kWh·ha⁻¹ w roku 2002. Największe nakłady energii wystąpiły przy uprawie roli i wyniosły 180,2 kWh·ha⁻¹ (co stanowi 53,2% w roku 2000, 52,4% w roku 2001 i 50,2% w roku 2002 całkowitych nakładów energii). Najniższe nakłady energii wystąpiły w przypadku nawożenia nawozami mineralnymi i wyniosły one we wszystkich badanych latach 18,5 kWh·ha⁻¹ (co stanowi odpowiednio 2,1% i 1,9%). Uzyskane wartości współczynników efektywności energetycznej i nakładów energii w produkcji pszenicy ozimej przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 2. Struktura energochłonności skumulowanej dla środków produkcji i pracy ludzkiej badanych technologii produkcji pszenicy ozimej

Table 2. Structure of cumulated energy consumption for the means of production and labour in the examined technology of winter wheat production

Rok badań	Energochłonność								
	materiałów		maszyn i narzędzi		paliwa		praca ludzkiej		Razem
	MJ·ha ⁻¹	%	MJ·ha ⁻¹	%	MJ·ha ⁻¹	%	MJ·ha ⁻¹	%	MJ·ha ⁻¹
2000	23398	71,5	4857	14,8	4282	13,1	188,8	0,6	32726
2001	24123	70,9	5048	14,8	4648	13,7	193,6	0,6	34013
2002	22759	70,4	4921	15,2	4459	13,8	191,6	0,6	32331
Średnia	23427	70,9	4942	15,0	4463	13,5	191,3	0,6	33023

Tabela 3. Współczynniki efektywności energetycznej dla badanych technologii w latach 2000–2002

Table 3. Energetic effectiveness indicators for the examined technology in the years 2000–2002

Rok badań	Plon pszenicy	Energochłonność skumulowana		Współczynnik efektywności energetycznej	Nakłady energii
		produkcji pszenicy	ziarna pszenicy		
	kg·ha ⁻¹	MJ·ha ⁻¹	MJ·ha ⁻¹	kWh·ha ⁻¹	
2000	5400,0	32726	48600	1,49	338,5
2001	6800,0	34013	61200	1,80	344,1
2002	6300,0	32331	56700	1,75	358,9
Średnia	6166,7	33023	55500	1,68	347,2

Stwierzenia i wnioski

1. Efektywność energetyczna produkcji pszenicy ozimej wahała się od 1,49 w roku 2000 do 1,80 w 2001 roku.
2. Najwyższą energochłonnością skumulowaną charakteryzowały się materiały, surowce i nasiona. Wyniosły one średnio 70,9% całkowitej energochłonności skumulowanej produkcji i wahały się od 70,4% w roku 2002 do 71,5% w roku 2000.
3. W strukturze realizowanych zabiegów największa energochłonność skumulowana wystąpiła w uprawie roli (średnio 1674 MJ·ha⁻¹), a najmniejsza w pracy ludzkiej (średnio 191,3 MJ·ha⁻¹).

Bibliografia

Anuszewski R., Pawlak J., Wójcicki Z. 1979. Energochłonność produkcji rolniczej. Metodyka badań energochłonności produkcji surowców żywnościowych. Wydaw. IBMER Warszawa.

Hryncewicz Z. 1992. Uprawa roślin rolniczych, PWRiL, Warszawa.

Kowalski J. i in. 2002. Postęp naukowo-techniczny a racjonalna gospodarka energią w produkcji rolniczej. PTIR, Kraków.

Ortiz-Cañavate J., Hermanz J.L. 1999. Energy analysis W CIGR Handbook of agricultural. t.V. Energy and Biomass Engineering., ASE: 13-24.

Wójcicki Z. 1981. Energochłonność produkcji rolniczej. Roczn. Nauk Rol. seria C 75(1). s. 85-98.

Wójcicki Z. 2000. Wyposażenie techniczne i nakłady materiałowo energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. Wydaw. IBMER, Warszawa.

**ENERGY STRUCTURE OF ENERGY CONSUMPTION
FOR WINTER WHEAT PRODUCTION ON THE EXAMPLE
OF A SELECTED FARM**

Summary

The purpose of the research was to perform an energetic assessment of winter wheat production technology. The research was done in the years 2000–2002 in Lubuskie region on soils belonging to the IIIa, IIIb and IVa evaluation class. The scope of the research comprised determination of forecrop, analysis and assessment of winter wheat production technology, determination of the type and number of performed treatments, analysis of machinery and tooling utilization, calculation of cumulated energy consumption for the production, the energy recovered in the form of the produced winter wheat, calculation of energy expenses and the energy effectiveness indicator. It results from the conducted studies that materials and raw materials had the highest value in the energy consumption structure. In all examined technologies a high energy effectiveness indicator was obtained that oscillates between 1.49 in 2000 and 1.80 in 2001.

Key words: cumulated energy consumption, energy expenses, winter wheat, energy effectiveness indicator, fuel consumption