

Tomasz Dobek
Zakład Użytkowania Maszyn i Urządzeń Rolniczych
Akademia Rolnicza w Szczecinie

EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNA I ENERGETYCZNA TECHNOLOGII PRODUKCJI SOI W WARUNKACH POLSKI

Streszczenie

Celem badań była ocena ekonomiczna i energetyczna produkcji soi. Oceniano koszty produkcji i ich strukturę z podziałem na materiały i surowce, eksploatację maszyn i narzędzi, zużyte paliwo, nakłady pracy. Natomiast ocenę energochłonności skumulowanej przeprowadzono w dwóch grupach. W grupie pierwszej oceniano energię skumulowaną zawartą w czterech strumieniach: uprzedmiotowionej w ciągnikach, maszynach i środkach transportu, w częściach zamiennych i materiałach wykorzystywanych do napraw, w bezpośrednim nośniku energii, w materiałach i surowcach oraz w pracy ludzkiej. W drugiej grupie przeanalizowano udział energii skumulowanej zawartej w poszczególnych zabiegach czyli uprawie roli, nawożeniu, sadzeniu, ochronie oraz zbioru z transportem.

Słowa kluczowe: efektywność ekonomiczna, efektywność energetyczna, koszty produkcji, nakłady pracy, nakłady energii, soja

Wykaz oznaczeń

- K_{tech} – koszty badanej technologii, [$zł \cdot ha^{-1}$],
 K_{mat} – koszty wykorzystanych materiałów, [$zł \cdot ha^{-1}$],
 K_{agr} – koszty eksploatacji maszyn i narzędzi, [$zł \cdot ha^{-1}$],
 K_{pal} – koszty zużytego paliwa, [$zł \cdot ha^{-1}$],
 K_r – koszty pracy ludzkiej, [$zł \cdot ha^{-1}$],
 E_{ek} – efektywność ekonomiczna technologii,
 K_{pr} – koszty produkcji soi, [$zł \cdot ha^{-1}$],
 C_{bu} – cena skupu soi, [$zł \cdot ha^{-1}$],
 p_{bu} – uzyskany plon soi, [$t \cdot ha^{-1}$],
 P_s – przychody uzyskane ze sprzedaży soi, [$zł \cdot ha^{-1}$].

- E_{tech} – energochłonność badanej technologii, [MJ·ha⁻¹],
- E_{mat} – energochłonność stosowanych materiałów i surowców, [MJ·ha⁻¹],
- E_{agr} – energochłonność wykorzystanych maszyn i narzędzi, [MJ·ha⁻¹],
- E_{pal} – energochłonność zużytego paliw, [MJ·ha⁻¹],
- E_r – suma energochłonności pracy ludzkiej, [MJ·ha⁻¹],
- E_{ee} – efektywność energetyczna badanej technologii,
- E_{prod} – energochłonność wykorzystana do produkcji soi, [MJ·ha⁻¹],
- E_{prz} – energochłonność odzyskana w postaci soi, [MJ·ha⁻¹].

Wstęp

Jednym z najważniejszych celów uprawy soi jest potrzeba dostarczenia ludziom i zwierzętom białka, niezbędnego do prawidłowego rozwoju fizycznego i psychicznego. Białko soi jest jednym z nielicznych pełnowartościowych białek roślinnych, które można tanio produkować w naszych warunkach pogodowych i bezpośrednio stosować w żywieniu ludzi i zwierząt. W naszym klimacie soja jest nowym gatunkiem uprawnym, co sprawia, że wielu rolników jest nieufnie nastawionych do jej uprawy. Na dzień dzisiejszy po uprawie pszenicy, ryżu i kukurydzy soja zajmuje czwarte miejsce na świecie pod względem powierzchni, na której jest uprawiana. Produkowana jest na powierzchni około 73 mil. ha przy średnim plonie wynoszącym 2,2 t/ha. Trzeba stwierdzić, że w produkcji roślin oleistych soja jest na świecie najczęściej uprawianą rośliną i zajmuje pod względem powierzchni uprawy 55% areалу przeznaczonego na uprawę roślin oleistych. Soja jest bardzo ważną rośliną nie tylko dla zakładu rolnego, który ją produkuje, ale również dla przemysłu spożywczego, karmienia zwierząt dla przemysłu chemicznego, farmaceutycznego, kosmetycznego itd. W produkcji roślinnej odgrywa bardzo ważną rolę jako roślina przerywająca uprawę zbóż. Przy takim zmianowaniu może ona zwiększać plonowanie roślin zbożowych.

Celem badań była ocena ekonomiczna i energetyczna produkcji soi oraz obliczenie efektywności ekonomicznej, a także energetycznej jej uprawy w polskich warunkach klimatycznych.

Warunki i metodyka badań

Soja w warunkach Polski dojrzewa pod koniec sierpnia do początku września. Zbierana powinna być przy pełnej dojrzałości. Roślina jest wysoka i dochodzi do 1 m wysokości, często rozgałęziona. Strąki są osadzone nisko nad glebą od 3 cm do 10 cm. Sieje się ją w międzyrzędziach o szerokości od 12 cm do 45 cm. Wilgotność przy zbiorze powinna wahać się między 13% i 16%. Zbiór odbywa się

kombajnami zbożowymi przystosowanymi do zbioru soi. Badania przeprowadzono, w latach 2001/02-2003/04, w gospodarstwie rolnym województwa kujawsko-pomorskiego, zajmującego się produkcją roślinną na glebach IIIa i IVb klasy bonitacyjnej. Średni plon soi w badanych latach wyniósł $1,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, i wahał się od $1,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ do $2,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a cena skupu od $1750 \text{ zł}\cdot\text{t}^{-1}$ do $1950 \text{ zł}\cdot\text{t}^{-1}$. Powierzchnia uprawy wahała się od 4 ha do 8 ha. W uprawie roli wykonywano orkę i uprawę przedsięwną, następnie nawożenie, siew, chemiczną pielęgnację i kombajnowy zbiór. Koszty ponoszone w badanych technologiach składały się z kosztów materiałów i surowców, eksploatacji zastosowanych maszyn, narzędzi i ciągników oraz kosztów robocizny. Jednostkowy koszt eksploatacji agregatu obliczony był zgodnie z metodą opracowaną przez IBMER [Muzalewski 2004], a uzyskana wartość przeliczona na jednostkę powierzchni. Całkowite koszty badanej technologii produkcji soi obliczono z zależności (1):

$$K_{tech} = K_{mat} + K_{agr} + K_{pal} + K_r, \quad [\text{zł}\cdot\text{ha}^{-1}] \quad (1)$$

Natomiast efektywność ekonomiczną określono jako stosunek wartości rynkowej wyprodukowanych nasion soi do kosztów poniesionych na jej wyprodukowanie. Wartość tę wyrażono zależnością (2):

$$E_{ek} = \frac{P_s}{K_{pr}} = \frac{P_{bu} \cdot C_{bu}}{K_{pr}} \quad (2)$$

Natomiast energochłonność skumulowaną przeanalizowano pod kątem wykonanych zabiegów oraz oceniono w aspekcie stosowanych maszyn i narzędzi, materiałów i surowców, zużytego paliwa oraz pracy ludzkiej. Do analizy nakładów energetycznych związanych z produkcją soi zastosowano metodę opracowaną przez IBMER [Anuszewski i in. 1979, Wójcicki 2002]. Energochłonność skumulowana dla badanych zabiegów obliczona została z zależności:

$$E_{tech} = E_{mat} + E_{agr} + E_{pal} + E_r, \quad [\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}] \quad (3)$$

Natomiast efektywność energetyczną produkcji określono jako stosunek energii skumulowanej zawartej w nasionach soi do energii skumulowanej potrzebnej do wyprodukowania nasion soi. Wartość tą wyrażono zależnością (4):

$$E_{ee} = \frac{E_{prz}}{E_{prod}} \quad (4)$$

Wyniki badań

Analizując całkowite koszty produkcji soi stwierdzono, że w badanych latach najwyższe koszty wystąpiły w roku 2003 i wyniosły $2090 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$, a najniższe w roku

2002 – 2007,3 zł·ha⁻¹. Najwyższy plon soi uzyskano też w roku 2003 i wyniósł on 2,1 t·ha⁻¹, a najniższy w roku 2002 – 1,8 t·ha⁻¹. Najwyższy dochód z produkcji otrzymano w roku 2003 i wyniósł on 1542,8 zł·ha⁻¹ (w przeliczeniu na jednostkę masy 854,3 zł·t⁻¹, natomiast najniższy w roku 2002 – 1142,7 zł·ha⁻¹ (634,8 – 2007,3,93 zł·t⁻¹). Koszty produkcji, w przeliczeniu na jedną tonę wyprodukowanych nasion soi, wahały się od 634,8 zł·t⁻¹ w roku 2002 do 854,3 zł·t⁻¹ w roku 2003.

Analizując strukturę kosztów produkcji soi można stwierdzić, że najwyższym procentowym udziałem charakteryzowały się koszty eksploatacji maszyn i narzędzi, których udział w całkowitych kosztach produkcji wahał się od 49,4% (1020,5 zł/ha) w roku 2003/04 do 50,2% (1051,1 zł/ha) w roku 2002/03. Drugą, co do wielkości pozycją były koszty materiałów i surowców, których udział wahał się od 34,9% (721,8 zł/ha) w roku 2003/04 do 35,6% (714,8 zł/ha) w roku 2001/02. Najniższe koszty uzyskano w przypadku pracy ludzkiej (średnio 2,1%). Strukturę kosztów produkcji nasion soi w badanym gospodarstwie w latach 2002-2004 przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Struktura kosztów produkcji nasion soi w badanym gospodarstwie w latach 2001/02-2003/04

Table 1. Cost pattern for soybean seed production in the analysed farm, years 2001/02-2003/04

Rok badań	Koszty stosowanych zabiegów										Razem
	uprawa roli		nawożenie		siew soi		chemiczna ochrona		zbiór kombajnowy		
	zł·ha ⁻¹	%	zł·ha ⁻¹	%	zł·ha ⁻¹	%	zł·ha ⁻¹	%	zł·ha ⁻¹	%	
2001/02	318,3	31,9	49,8	5,0	35,9	3,6	20,8	2,1	573,7	57,5	998,5
2002/03	358,6	34,1	52,2	5,0	34,2	3,3	22,5	2,1	582,6	55,5	1050,1
2003/04	325,4	31,9	54,6	5,4	38,3	3,8	21,8	2,1	580,4	56,9	1020,5
Średnio	334,1	32,6	52,2	5,1	36,1	3,5	21,7	2,1	578,9	56,6	1023,0

Z wykonanych obliczeń wynika, że najwyższymi kosztami w produkcji nasion soi były koszty eksploatacji maszyn i narzędzi. W kosztach tych najdroższym zbiegiem, okazał się kombajnowy zbiór soi. Średni koszt zbioru soi wyniósł 578,9 zł·ha⁻¹, co stanowi 56,6% całkowitych kosztów eksploatacji, a ich wartość wahała się od 573,7 zł·ha⁻¹ (57,5%) w roku 2002 do 582,6 zł·ha⁻¹ (55,5%) w roku 2003. Natomiast najniższymi kosztami charakteryzowała się chemiczna ochrona soi, której średni koszt wyniósł 21,7 zł·ha⁻¹, co stanowi 2,1% całkowitych kosztów eksploatacji maszyn i narzędzi. Udział kosztów zabiegów w produkcji soi w badanym gospodarstwie w latach 2002-2004 przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Udział kosztów zabiegów w produkcji soi w badanym gospodarstwie w latach 2001/02-2003/04

Table 2. Share of treatment costs in soybean production in the analysed farm, years 2001/02-2003/04

Rok badań	Struktura kosztów produkcji soi									Efektywność ekonomiczna
	materiały i surowce		eksploatacja maszyn		koszty paliwa		pracy ludzkiej		Razem	
	zł·ha ⁻¹	%	zł·ha ⁻¹	%	zł·ha ⁻¹	%	zł·ha ⁻¹	%	zł·ha ⁻¹	
2001/02	714,8	35,6	998,5	49,7	251,2	12,5	42,8	2,1	2007,3	1,57
2002/03	732,1	35,0	1050,1	50,2	264,6	12,7	44,1	2,1	2090,9	1,86
2003/04	721,8	34,9	1020,5	49,4	279,3	13,5	45,6	2,2	2067,2	1,75
Średnio	722,9	35,2	1023,0	49,8	265,0	12,9	44,2	2,1	2055,1	1,73

Dla badanych technologii produkcji nasion średni wskaźnik efektywności ekonomicznej wyniósł 1,73 i wahała się od 1,57 w roku 2002 do 1,86 w roku 2003.

W strukturze energochłonności skumulowanej, najwyższym procentowym udziałem charakteryzują się materiały i surowce, której wartości wahały się od 7187 MJ/ha (54,9%) w roku 2001/02 do 7310 MJ/ha (55,7%) w roku 2003/04, a najmniejszą energochłonnością skumulowaną charakteryzowała praca ludzka, której średnia wartość wyniosła 768 MJ/ha (5,9%). Strukturę energochłonności skumulowanej produkcji nasion soi w badanym gospodarstwie w latach 2002-2004 przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Struktura energochłonności skumulowanej produkcji nasion soi w badanym gospodarstwie w latach 2001/02-2003/04

Table 3. Energy consumption structure of cumulated soybean seed production in the analysed farm, years 2001/02-2003/04

Rok badań	Energochłonność skumulowana zabiegów w produkcji soi										Razem
	Uprawa roli		Nawożenie		Siew soi		Chemiczna ochrona		Kombajnowy zbiór		
	MJ·ha ⁻¹	%	MJ·ha ⁻¹	%	MJ·ha ⁻¹	%	MJ·ha ⁻¹	%	MJ·ha ⁻¹	%	
2001/02	1826	31,0	416	7,1	320	5,4	342	5,8	2980	50,6	5884,0
2002/03	1812	30,7	432	7,3	320	5,4	361	6,1	2980	50,5	5905,0
2003/04	1846	31,2	441	7,5	320	5,4	322	5,4	2980	50,4	5909,0
Średnio	1828	31,0	429,7	7,3	320	5,4	341,7	5,8	2980	50,5	5899,3

W produkcji soi największą energochłonnością skumulowaną, w grupie stosowanych agregatów, charakteryzowała się technologia zbioru, której średnia wartość wyniosła $2980 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, co stanowi średnio 50,5% całkowitej energii skumulowanej zabiegów oraz uprawa roli, której analogiczna wartości wyniosła $1828 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$, co stanowi 31% całkowitej energii skumulowanej w zabiegach. Natomiast najmniejszą średnią wartością energochłonności skumulowanej charakteryzował się siew $320 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ stanowi on tylko 5,4% całkowitej energii skumulowanej i chemiczna ochrona $341,7 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ – 5,8% całkowitej energii skumulowanej. Energochłonność skumulowaną zabiegów w produkcji nasion soi w badanym gospodarstwie w latach 2001/02-2003/04 przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Energochłonność skumulowana zabiegów w produkcji nasion soi w badanym gospodarstwie w latach 2001/02-2003/04

Table 4. Cumulated energy consumption of treatments in soybean seed production in the analysed farm, years 2001/02-2003/04

Rok badań	Struktura energochłonności skumulowanej									Efektywność energetyczna
	materiały i surowce		eksploatacja maszyn		koszty paliwa		pracy ludzkiej		Razem	
	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$	%	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$	%	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$	%	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$	%	$\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$	
2001/02	7187	54,9	1985	15,2	3141	24,0	768	5,9	13081	1,65
2002/03	7242	55,2	2010	15,3	3095	23,6	768	5,9	13115	1,92
2003/04	7310	55,7	2032	15,5	3024	23,0	768	5,8	13134	1,74
Średnio	7246	55,3	2009	15,3	3087	23,5	768	5,9	13110	1,77

Uzyskana średnia wartość efektywności energetycznej dla badanego gospodarstwa w produkcji soi wyniosła 1,77 i wahała się od 1,65 w roku 2002 do 1,92 w roku 2003.

Wnioski

1. Średnia wartość wskaźnika efektywności ekonomicznej produkcji soi wyniosła 1,73, co świadczy o dochodowości jej produkcji.
2. Średnia wartość wskaźnika efektywności energetycznej produkcji soi wyniosła 1,77.
3. We wszystkich badanych latach dochód z produkcji soi był wysoki. Średni dochód wyniósł $1493,2 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($767,1 \text{ zł}\cdot\text{t}^{-1}$) i wahał się od $1142,7 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($634,8 \text{ zł}\cdot\text{t}^{-1}$) w roku 2002 do $1794,1 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($854,3 \text{ zł}\cdot\text{t}^{-1}$) w roku 2003.

4. W strukturze energochłonności skumulowanej największym udziałem charakteryzowały się materiały, surowce oraz paliwo. Ich średni udział w całkowitej energochłonności produkcji wyniósł $10333 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ – 78,82% i wahał się od $10228 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ – 78,02% w roku 2001/02 do $10337 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ – 78,85% w roku 2003/04.

Bibliografia

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

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

Muzalewski A. 2004. Koszty eksploatacji maszyn. Wydaw. IBMER Warszawa.

Šařec O., Šařec P., Dobek T. 2005. Uprawa i zbiór soi. Materiały konferencyjne 8 Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt. Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii rolniczej. Wrocław-Polanica Zdrój t. 2 s: 218-220.

Šařec O., Šařec P. 2004. Pěstování a sklizeň sóji. In: Systém výroby řepky a slunečnice, Hluk, s: 355-363.

Wójcicki Z. 2002. Wyposażenie i nakłady materiałowo energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. Wydaw. IBMER, Warszawa.

**ECONOMIC AND POWER EFFICIENCY
OF SOYBEAN PRODUCTION TECHNOLOGY
IN POLISH CONDITIONS**

Summary

The purpose of the analysis was to assess economic and power effects of soy-bean production. Assessment elements were production costs and cost pattern, divided into materials and raw products, machine and tool operation, consumed fuel, and labour amount. Whereas cumulated energy consumption was assessed in two groups. In the first group, the subject of assessment was cumulated energy contained in four streams: in tractors, machines and transport facilities, spare parts and materials used for repairs, in direct energy carrier, in materials and raw products, and in human labour. In the second group, the analysed element was cumulated energy contained in individual treatments, that is farming, fertilization, planting, protection, and cropping including transport.

Key words: economic efficiency, power-related efficiency, production costs, labour amount, energy expenditure, soybean