

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

## EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA PRODUKCJI ZIEMNIAKÓW JADALNYCH W WYBRANYCH GOSPODARSTWACH

### Streszczenie

Celem badań było przeprowadzenie analizy i oceny energetycznej produkcji ziemniaków oraz obliczenie efektywności energetycznej. Zakres badań obejmował analizę i ocenę produkcji ziemniaków jadalnych w aspekcie energochłonności poszczególnych zabiegów oraz ich struktury. Analizę 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:** energochłonność produkcji, efektywność energetyczna, technologia produkcji, struktura energochłonności, ziemniak

### Wykaz oznaczeń

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

### Wstęp

Ziemniak należy do jednej z głównych roślin uprawianych na świecie. Uprawiany on jest w 80% państwach świata. Pod względem wielkości zbiorów zajmuje czwarte miejsce po pszenicy, ryżu i kukurydzy, natomiast pod względem

powierzchni uprawy znajduje się na siódmym miejscu wśród jedenastu najważniejszych roślin w światowej produkcji roślinnej. Stosowane do tej pory w polskim rolnictwie technologie produkcji ziemniaka charakteryzują się dużymi nakładami pracy i energii. Wynika to, głównie z niewłaściwie dobranych agregatów i ze złej organizacji pracy [Kowalski i in. 2002; Jabłoński 2001; Szeptycki 2003]. Celem badań było przeprowadzenie analizy i oceny energetycznej produkcji ziemniaków oraz obliczenie wskaźnika efektywności energetycznej. Zakres badań obejmował analizę i ocenę technologii produkcji ziemniaków w aspekcie energochłonności poszczególnych zabiegów oraz ich struktury.

### Metodyka i warunki badań

Badania przeprowadzono w gospodarstwach rolnych zajmujących się produkcją roślinną województwa zachodniopomorskiego na glebach IVa, IVb i V klasy bonitacyjnej. Ocena prowadzona była w latach 2001-2003. Do analizy nakładów energetycznych związanych z produkcją ziemniaków zastosowano metodę opracowaną przez IBMER [Anuszewski, Pawlak, Wójcicki 1979; Wójcicki 2002]. Energochłonność skumulowana dla badanych zabiegów obliczona została z zależności (1):

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

Natomiast efektywność energetyczną produkcji określono jako stosunek energii skumulowanej zawartej w wyprodukowanych bulwach ziemniaków do energii skumulowanej potrzebnej do wyprodukowania ziemniaków. Wartość tą wyrażono zależnością (2):

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

Badania przeprowadzono, w latach 2001-2003, w trzech gospodarstwach rolnych. Gospodarstwo A stosowało tradycyjną uprawę roli, nawożenie obornikiem i nawozami NPK (jednokrotnie), sadzenie wykonano za pomocą sadzarki dwurzędowej w rozstawie rzędów wynoszącej 75 cm i głębokości sadzenia 10 cm. W technologii produkcji ziemniaków stosowano zabiegi pielęgnacyjne mechaniczne (obsypnik) i trzykrotne opryskiwanie, natomiast zbiór odbywał się za pomocą jednorzędowego kombajnu. Przedplonem była gorczyca, a powierzchnia, na której uprawiano ziemniaki (odmiana Ibis) wynosiła 3 ha. Ilość wysadzanych ziemniaków wyniosła 3000 kg/ha. W Gospodarstwie B stosowano tradycyjną uprawę roli, nawożenie wykonywano tylko nawozami mineralnymi (jednokrotnie PK i dwukrotnie N), sadzenie wykonano za pomocą sadzarki czterzędowej w rozstawie rzędów wynoszącej 70 cm i głębokości sadzenia 6 cm. W technologii produkcji ziemniaków

stosowano zabiegi pielęgnacyjne mechaniczne (obsypnik) i czterokrotne opryskiwanie, natomiast zbiór odbywał się za pomocą dwurzędowego kombajnu. Przedplonem było żyto ozime i pszenica jara, a powierzchnia, na której uprawiano ziemniaki (odmiana Irga) wynosiła 14 ha. Ilość wysadzanych ziemniaków wyniosła 2500 kg/ha. Natomiast Gospodarstwo C zastosowało tradycyjną uprawę roli, nawożenie wykonywano tylko nawozami mineralnymi (jednokrotnie PK i dwukrotnie N), sadzenie wykonano za pomocą sadzarki czterzędowej w rozstawie rzędów wynoszącej 70 cm i głębokości sadzenia 6 cm. W technologii produkcji ziemniaków stosowano zabiegi pielęgnacyjne mechaniczne (obsypnik) i pięciokrotne opryskiwanie, natomiast zbiór odbywał się za pomocą dwurzędowego kombajnu. Przedplonem była pszenica ozima, a powierzchnia, na której uprawiano ziemniaki (odmiana Irga) wynosiła 9 ha. Ilość wysadzanych ziemniaków wyniosła 2500 kg/ha.

## **Wyniki badań i dyskusja**

Przeprowadzone badania i ocena technologii produkcji ziemniaków umożliwiły obliczenie energochłonności skumulowanej. Energochłonność skumulowana, a ściślej nakłady materiałowo-energetyczne przeanalizowano w czterech strumieniach energii: uprzedmiotowionej 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. Największa energochłonność skumulowana wystąpiła w Gospodarstwie A i średnia jej wartość wyniosła 39137 MJ/ha, a najmniejsza w Gospodarstwie C – 29589 MJ/ha. Strukturę energochłonności produkcji ziemniaków w badanych gospodarstwach w latach 2001-2003 przedstawiono w tabeli 1.

*Tabela 1. Struktura energochłonności produkcji ziemniaków w badanych gospodarstwach w latach 2001-2003*

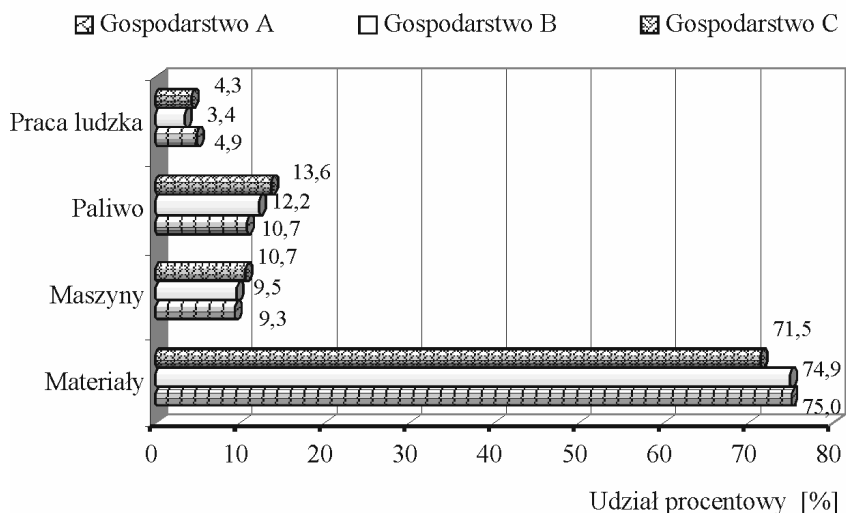
*Table 1. The energy consumption structure of potato production in the examined farms in the years 2001-2003*

Rok badań	Energochłonność			
	materiałów	agregatów	paliwa	pracy ludzkiej
	MJ/ha	MJ/ha	MJ/ha a	MJ/ha
Gospodarstwo A	29370	3651	4195	1921
Gospodarstwo B	22958	2912	3734	1040
Gospodarstwo C	21150	3157	4020	1262

Największą energochłonnością skumulowaną charakteryzowały się materiały i surowce tzn. nawozy, środki ochrony roślin oraz sadzeniaki. Średnia wartość energii skumulowanej materiałów, dla badanych gospodarstw, wyniosła 24493 MJ/ha, natomiast jej wartość w gospodarstwach wahała się od 19986 MJ/ha w Gospodarstwie C w roku 2002 do 29370 MJ/ha w Gospodarstwie A w roku 2003. Analizując natomiast strukturę energochłonności skumulowanej można stwierdzić, że największym udziałem charakteryzowała się energochłonność zawarta w materiałach i surowcach i ich średnia wartość wahała się ona od 29370 MJ/ha (75%) w Gospodarstwie A do 21150 MJ/ha (71,5%) w Gospodarstwie C. Następnie energochłonność zawarta w paliwie, która wyniosła od 3734 MJ/ha (12,2%) – Gospodarstwo B do 4195 MJ/ha (10,7%) – Gospodarstwo A, a najmniejszą energochłonnością skumulowaną charakteryzowała się praca ludzka: Gospodarstwo A – 1921 MJ/ha (4,9%) Gospodarstwo B – 1040 MJ/ha (3,4%) i w Gospodarstwie C – 1262 MJ/ha (4,3%).

W grupie materiałów największy udział miały nawozy, których energia skumulowana w Gospodarstwie A wyniosła średnio 19479 MJ/ha (66,3% całkowitej energii skumulowanej w materiałach), w Gospodarstwie B 14342 MJ/ha (62,5%), a w Gospodarstwie C 12630 MJ/ha (59,7%). Natomiast najmniejszym udziałem charakteryzowała się energia skumulowana zawarta w środkach ochrony roślin. Ich udział wynosił: 2400 MJ/ha (8,2%) w Gospodarstwie A, 2366 MJ/ha (10,3%) w Gospodarstwie B i 2270 MJ/ha (10,7%) w Gospodarstwie C. Strukturę energii skumulowanej technologii produkcji ziemniaków jadalnych oraz jej procentowy udział w badanych gospodarstwach w latach 2001–2003 przedstawiono na rys. 1.

Największą energochłonnością skumulowaną, w grupie stosowanych agregatów, charakteryzowała się technologia zbioru, której średnia wartość w Gospodarstwie C wyniosła 2479 MJ/ha, a najmniejszą nawożenie w Gospodarstwach B i C (28 MJ/ha), w których nie stosowano nawożenia obornikiem, a w Gospodarstwie A najmniejsza energochłonność skumulowana wystąpiła w przypadku zabiegów ochrony i wyniosła 128 MJ/ha. W strukturze energochłonności skumulowanej zabiegów, najwyższym procentowym udziałem charakteryzuje się zbiór, której średnie wartości wahały się od 64,9% w Gospodarstwie A do 78,4% w Gospodarstwie C, a najmniejszą energochłonnością skumulowaną charakteryzowały się zabiegi związane z ochroną ziemniaków. Średni procentowy udział w tym zabiegu wahał się od 3,5% w Gospodarstwie A do 5,9% w Gospodarstwie B. Energochłonność skumulowaną oraz jej strukturę w odniesieniu do poszczególnych zabiegów w badanych technologiach przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 1. Procentowa struktura nakładów energii skumulowanej technologii produkcji ziemniaków jadalnych w badanych gospodarstwach w latach 2001–2003

Fig. 1. The cumulated energy expenditure structure as percentage in the technology of potato production in the examined farms in the years 2001-2003

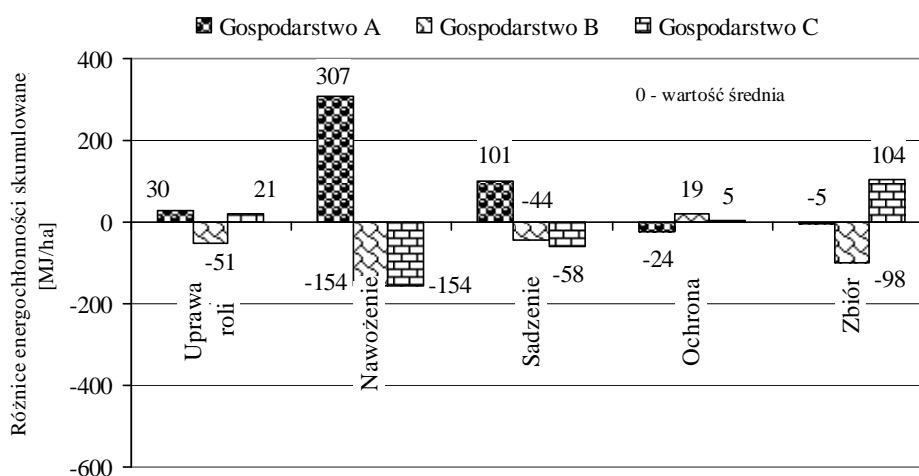
Tabela 2. Energochłonność skumulowana poszczególnych zabiegów w produkcji ziemniaka w badanych gospodarstwach w latach 2001-2003

Table 2. Cumulated energy consumption of the specific operations of potato production in the examined farms in the years 2001-2003

Rok badań	Uprawa roli	Nawożenie	Sadzenie	Ochrona	Zbiór
	MJ/ha	MJ/ha	MJ/ha	MJ/ha	MJ/ha
Gospodarstwo A	287	489	376	128	2370
Gospodarstwo B	206	28	231	171	2277
Gospodarstwo C	278	28	217	157	2479

Przyjmując zero jako wartość średnią przeanalizowano różnice w energochłonności skumulowanej poszczególnych zabiegów realizowanych w technologii produkcji ziemniaka jadalnego, Z przedstawionych na rys. 2 wartości wynika, że w badanych gospodarstwach największe różnice wystąpiły w przypadku nawożenia i spowodowane było wykorzystaniem, w Gospodarstwie A, do nawożenia obornika, którego nie zastosowano w przypadku pozostałych gospodarstw. Najmniejsze różnice wystąpiły w przypadku zabiegów związanych z ochroną plantacji i wpływ

na to miała liczba wykonanych oprysków oraz zastosowany opryskiwacz. Najmniej zabiegów i najmniejszym opryskiwaczem wykonano zabiegi ochrony roślin w Gospodarstwie A, a wartość energochłonności skumulowanej była niższa od wartości średniej o – 24 MJ/ha, natomiast zastosowanie dużego wydajnego opryskiwacza spowodowało wzrost energochłonności skumulowanej w Gospodarstwie B o 19 MJ/ha w stosunku do wartości średniej.



Rys. 2. Różnice energochłonności skumulowanej zabiegów w badanych gospodarstwach w latach 2001–2003

Fig. 2. Differences in cumulated energy consumption related to the operations in the examined farms in the years 2001-2003

Technologie produkcji ziemniaka jadalnego, w badanych gospodarstwach w latach 2001–2003, charakteryzowały się wysoką efektywnością energetyczną produkcji. Najwyższą efektywnością charakteryzowała się produkcja w Gospodarstwie C w roku 2002, gdzie efektywność energetyczna wyniosła 3,63. W roku tym zmniejszono poziom nawożenia azotem, fosforem i potasem, natomiast wykonano dodatkowy zabieg ochrony. W roku tym uzyskano najwyższy plon, a tym samym wyższą wartość energetyczną przy zmniejszonej energochłonności produkcji bulw ziemniaka. Najniższą efektywnością energetyczną charakteryzowała się produkcja ziemniaków w Gospodarstwie A w roku 2003, w której efektywność energetyczna wyniosła 1,28, co stanowi 93,7% wskaźnika uzyskanego w roku 2002 w Gospodarstwie C. Uzyskane średnie wartości efektywności energetycznej dla gospodarstw to: Gospodarstwo A – 1,49, Gospodarstwo B – 2,41 i Gospodarstwo C – 3,43. Wartości służące do wyliczenia efektywności energetycznej przedstawiono w tabeli 3.

*Tabela 3. Efektywność energetyczna produkcji ziemniaka jadalnego w badanych gospodarstwach w latach 2001-2003*

*Table 3. Energy effectiveness of potato production in the examined farms in the years 2001-2003*

Gospodarstwo	Średni plon	Energochłonność produkcji	Wartość energetyczna ziemniaków	Efektywność energetyczna
	t/ha	MJ/ha	MJ/ha	
Gospodarstwo A	23,3	39137	58333	1,49
Gospodarstwo B	31,5	32645	78667	2,41
Gospodarstwo C	29,0	21150	72500	3,43

\* przy przeliczniku energetycznym wynoszącym 2,5 MJ/kg

## Wnioski

1. Duża różnica między średnią wartością efektywności energetycznej produkcji ziemniaków jadalnych w Gospodarstwie A i C wynikała z tego, że w Gospodarstwie A zastosowano nawożenie obornikiem i nawozami mineralnymi, sadzenie za pomocą sadzarki dwurzędowej, a zbiór wykonano kombajnem jednorzędowym. Natomiast Gospodarstwo C zastosowało nowoczesne maszyny – sadzenie wykonano czterzędową sadzarką, zbiór ziemniaków za pomocą kombajnu dwurzędowego, a nawożenie wykonano tylko nawozami mineralnym.
2. Najwyższą energochłonnością skumulowaną charakteryzowały się materiały i surowce. Wyniosły one 75% całkowitej energochłonności skumulowanej w Gospodarstwie A do 71,5% w Gospodarstwie C.
3. W strukturze realizowanych zabiegów największa energochłonność skumulowana wystąpiła przy zbiorze ziemniaków (średnio 2370 MJ/ha w Gospodarstwie A, 2277 MJ/ha w Gospodarstwie B i 2479 MJ/ha w Gospodarstwie C).

## Bibliografia

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

Jabłoński K. 2001. Nowe technologie produkcji ziemniaka dla różnych kierunków użytkowania. *Więś jutra*. 3(32): 15-17.

*Tomasz Dobek*

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

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

Szeptycki A. 2003. Technologie zbioru ziemniaków – ocena ekonomiczna i energetyczna. *Wiś jutra*. 2(55): 18-20.

## **ENERGY EFFECTIVENESS OF EDIBLE POTATO PRODUCTION IN THE SELECTED FARMSTEADS**

### **Summary**

The purpose of the research was to analyse and to do the energy assessment and energy effectiveness calculation. The scope of research covered the analysis and assessment of edible potato production in the aspect of energy consumption in the specific operations and their structure. The analysis was done in two groups. In the first group energy was assessed, contained in four streams: objectified in tractors, machines and means of transportation, in spare parts and materials used for repairs, in the direct energy carriers, in raw materials and manpower. In the second group the energy share accumulated in the respective operations was analysed, i.e. in tilling, fertilizing, planting, protection and harvesting with transport.

**Key words:** energy consumption of the production, energy effectiveness, production technology, energy consumption structure, potato