

ANALYSIS ON ENERGY CONSUMPTION OF EDIBLE POTATO CULTIVATION IN ORGANIC FARMING SYSTEM

Summary

The paper presents the results of studies on energy consumption of edible potato cultivation in organic farming system. The research showed that organic farming of edible potato is distinguished by higher energy inputs of human labor and fuel, and lower inputs of materials than the conventional technologies. The highest level of cumulated energy consumption in the organic potato cultivation technologies, in the structure of implemented mechanisation operations, occurred during harvesting (average $998 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) and tillage (average $712 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$). Organic potato cultivation technologies are distinguished by low energy efficiency and high rate of energy consumption per unit.

ANALIZA ENERGOCHŁONNOŚCI PRODUKCJI ZIEMNIAKA JADALNEGO W GOSPODARSTWACH EKOLOGICZNYCH

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań nad energochłonnością uprawy ziemniaka jadalnego w systemie rolnictwa ekologicznego. Badania wykazały, że ekologiczna uprawa ziemniaka jadalnego charakteryzuje się większymi niż technologie konwencjonalne nakładami energetycznymi na pracę ludzką i paliwo, a mniejszymi na materiały. W ekologicznych technologiach uprawy ziemniaka, w strukturze realizowanych zabiegów mechanizacyjnych, największa energochłonność skumulowana wystąpiła przy zbiorze (średnio $998 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) oraz uprawie roli (średnio $712 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$). Ekologiczne technologie uprawy ziemniaka charakteryzują się niską efektywnością energetyczną i wysokim wskaźnikiem jednostkowej energochłonności.

1. Wstęp

Zakaz stosowania w rolnictwie ekologicznym syntetycznych nawozów mineralnych i środków ochrony roślin, zmienia strukturę ponoszonych w tym systemie produkcji nakładów. Zdaniem Pawlaka [5] i Wójcickiego [12] do ich oceny, jak i efektów produkcji, można posłużyć się miernikiem energetycznym. Według Szeptyckiego i Wójcickiego, na efektywność nakładów energetycznych w rolnictwie, poza rodzajem produkcji i jej intensywnością, wyraźny wpływ wywiera poziom mechanizacji, zastosowana technologia oraz organizacja produkcji. W Polsce dotychczas prowadzono nieliczne badania nad efektywnością energetyczną, stosowanych w praktyce rolniczej technologii upraw roślinnych, w systemie rolnictwa ekologicznego [6, 7, 8, 9, 10].

Celem badań było określenie i ocena energochłonności technologii uprawy ziemniaka jadalnego, stosowanych w praktyce rolniczej w systemie ekologicznym. Zakres badań obejmował analizę i ocenę technologii produkcji ziemniaków w aspekcie energochłonności poszczególnych zabiegów oraz ich struktury.

2. Warunki i metodyka badań

Badania przeprowadzono w latach 2008-2010, w rejonie północno-zachodniej Polski, w 10 gospodarstwach ekologicznych, posiadających certyfikat rolnictwa ekologicznego. W gospodarstwach tych co roku w strukturze upraw znajdował się ziemniak jadalny wczesnych odmian: Aster, Vineta, Denar lub Velox. Produkcję prowadzono na własne potrzeby oraz na sprzedaż jako warzywa. We wszystkich gospodarstwach przedplonem dla ziemniaka było żyto ozime. Dobór gospodarstw do badań był celowy, gdyż prezen-

towane w artykule wyniki badań stanowią część większego projektu, mającego na celu określenie energochłonności ogniwa zmianowania żyto ozime – ziemniak jadalny. Uprawę ziemniaka prowadzono w zbliżonych warunkach przyrodniczo-produkcyjnych, głównie na glebach klasy IIIa i IVb. Gospodarstwa były samowystarczalne pod względem wyposażenia w środki mechanizacji i nie korzystały z usług z zewnątrz. Wielkość nakładów materiałowo-energetycznych (E_{tech}) przeanalizowano w czterech strumieniach energii uprzedmiotowionej w ciągnikach, maszynach środkach transportu, częściach do napraw (E_{agr}), paliwie (E_{pal}), materiałach (E_{mat}), oraz pracy ludzkiej (E_r). Energochłonność wykonania zabiegów agrotechnicznych obliczono według zależności:

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

Energochłonność materiałów oraz wartość energetyczną plonu określono w megadżulach (MJ) w oparciu o wskaźniki energochłonności jednostkowej [12]. Ilość zużytego paliwa określono zgodnie z zaleceniami Karwowskiego [4]. Energię skumulowaną, wniesioną w nawozach naturalnych, rozłożono zgodnie z zaleceniami Wójcickiego [13] na lata oddziaływania nawożenia po zabiegu.

Wskaźnik efektywności energetycznej (E_{ce}) obliczono z relacji pomiędzy wartością energetyczną plonu (P_e w $\text{GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$) a nakładami energetycznymi poniesionymi na jego wytworzenie (N_e w $\text{GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$). Wartość tą wyrażono zależnością:

$$E_{\text{ce}} = \frac{P_e}{N_e}$$

Do oceny energetycznej posłużono się także zyskiem energii skumulowanej i wskaźnikiem energochłonności jednostkowej [11, 15].

Zebrane wyniki przedstawiono jako średnie z 3 lat i sprowadzono do powierzchni 1 ha.

3. Wyniki badań

Gospodarstwa ekologiczne, w których prowadzono badania, gospodarowały na średniej powierzchni 30,4 ha użytków rolnych, z czego uprawa ziemniaka zajmowała średnio 1,8 ha. Uprawa ziemniaka w analizowanych gospodarstwach ekologicznych stanowiła 3,5% w strukturze UR. Średnie plony bulw, w okresie badań, wyniosły 18,7 t·ha⁻¹ i jak wynika z danych GUS [14] były niższe średnio o 4 t·ha⁻¹ w porównaniu do gospodarstw prowadzących produkcję w systemie konwencjonalnym (tab. 1).

Przeprowadzone badania i ocena technologii produkcji ziemniaka umożliwiły obliczenie energochłonności skumulowanej 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. Łączne nakłady energii skumulowanej, poniesione na uprawę ziemniaka, wyniosły średnio 25163 MJ·ha⁻¹. Porównując wyniki badań własnych z danymi uzyskanymi przez Dobka [1] stwierdzono, że konwencjonalna uprawa ziemniaka jest o 25% bardziej energochłonna niż ekologiczna (tab. 2).

Według Jabłońskiego [3] nakłady te, w konwencjonalnej uprawie ziemniaka, mogą wahać się od 33 do 58 tysięcy megadżuli na hektar.

Tab. 1. Wybrane elementy charakterystyki badanych gospodarstw rolnych (średnie za lata 2008-2010)

Table 1. Selected elements of the examined farms characteristics (average in years 2008-2010)

Wyszczególnienie	Wartość cechy
Liczba gospodarstw	10
Średnia powierzchnia gospodarstwa [ha UR]	30,4
Średnia powierzchnia uprawy ziemniaka [ha]	1,8
Udział ziemniaka w strukturze UR [% UR]	3,5
Średnia wysokość plonu [t·ha ⁻¹]	18,7

Tab. 2. Struktura energochłonności produkcji ziemniaków w gospodarstwach ekologicznych (średnie za lata 2008-2010)

Table 2. The energy consumption structure of potato production in organic (average in years 2008-2010) and conventional farms [1]

Strumień energii	Nakłady energii [MJ·ha ⁻¹]	Struktura nakładów (%)
Agregaty	3161	12,6
Paliwo	6464	25,7
Materiały	10871	43,2
Praca ludzka	4667	18,5
Razem	25163	100,0

Energochłonność ekologicznej uprawy ziemniaka w największym stopniu różnicowały nakłady energii zawarte w materiałach, tj. w sadzeniakach oraz nawozach, stanowiąc łącznie 43,2% całości wydatków energetycznych. W badanych gospodarstwach ekologicznych ich wartość wyniosła 10871 MJ·ha⁻¹. Odnosząc te wyniki do badań Dobka [1] można zauważyć, że stanowiły one jedynie 44,4% nakładów materiałowych ponoszonych w konwencjonalnej uprawie ziemniaka. Tak niskie nakłady materiałowe, poniesione w technologiach ekologicz-

nych, wynikały z niestosowania syntetycznych nawozów mineralnych oraz żadnej ochrony chemicznej czy biologicznej przed agrofagami.

Brak chemicznej ochrony roślin spowodował jednak wzrost nakładów na staranne przygotowanie gleby pod sadzenie oraz na mechaniczne zabiegi pielęgnacyjne (tab. 3). Wiązało się to również ze wzrostem zużycia energii zawartej w pracy ludzkiej i paliwie (odpowiednio 18,5 i 25,7% całości nakładów energetycznych). W porównaniu do technologii konwencjonalnych [1], uprawa ekologiczna wiązała się z przeszło 3-krotnie wyższymi nakładami pracy ludzkiej i 1,6-krotnie wyższym zużyciem paliwa.

Tab. 3. Energochłonność skumulowana poszczególnych zabiegów mechanizacyjnych produkcji ziemniaka w gospodarstwach ekologicznych (średnie za lata 2008-2010)

Table 3. The cumulated energy consumption of the specific mechanisation operations of potato production in organic (average in years 2008-2010) and conventional farms [1]

Zabieg	Nakłady energii [MJ·ha ⁻¹]	Struktura nakładów (%)
Uprawa roli	712	22,5
Nawożenie	511	16,2
Sadzenie	590	18,7
Pielęgnacja	349	11,0
Zbiór	998	31,6
Razem	3160	100,0

Poza wysokimi nakładami energii poniesionymi w gospodarstwach ekologicznych na uprawę gleby i pielęgnację rosnących już roślin (stosowano wyłącznie pielęgnację mechaniczną), wysoko energochłonne były również nawożenie (obornikiem) i sadzenie (mało wydajnymi sadzarkami dwurzędowymi). W analizowanych technologiach ekologicznej uprawy ziemniaków ponoszono stosunkowo niskie nakłady energetyczne na wykorzystanie środków mechanizacji w trakcie zbioru. Wynikało to ze stosowania w gospodarstwach ekologicznych kopaczek, a następnie zbioru ręcznego.

W analizowanych technologiach ekologicznej uprawy ziemniaka jadalnego zysk energii skumulowanej wyniósł niespełna 20000 MJ·ha⁻¹. Odnosząc te dane do badań Dobka [1] można stwierdzić, że wartość ta stanowi jedynie 51% energii skumulowanej [MJ·ha⁻¹] możliwej do uzyskania w konwencjonalnej uprawie ziemniaka jadalnego.

W analizowanych gospodarstwach ekologicznych wskaźnik efektywności energetycznej uprawy ziemniaka jadalnego wyniósł 1,87 (tab. 4). Wartość ta była uzależniona od potencjału energetycznego plonu oraz nakładów energetycznych poniesionych na jego wytworzenie.

Tab. 4. Wybrane elementy oceny energetycznej uprawy ziemniaka w gospodarstwach ekologicznych (średnie za lata 2008-2010)

Table 4. Selected elements of the energy assessment of potato cultivation in organic (average in years 2008-2010) and conventional farms [1]

Strumień energii	Wartość
Zysk energii skumulowanej (Ez) [MJ·ha ⁻¹]	19871
Wskaźnik efektywności energetycznej (Ee)	1,87
Wskaźnik energochłonności (Een)	0,56
Wskaźnik jednostkowej energochłonności (Ej) [MJ·t ⁻¹]	1345,7

Niska średnia wartość tego wskaźnika wynikała głównie z niskiego plonowania ziemniaka. Średnie plony, wynoszące ok. $18 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, niosły w sobie zbyt mały potencjał energetyczny, aby wskaźnik efektywności energetycznej był zbliżony do osiąganego w technologiach konwencjonalnych. Niska wartość energetyczna plonu przełożyła się na wskaźnik jednostkowej energochłonności, którego średnia wartość $1345,7 \text{ MJ}\cdot\text{t}^{-1}$ była o przeszło 20% wyższa od wartości odnotowanych przez Dobka [1].

Również Helander i Delin [2], analizując różne systemy polowej produkcji rolniczej stwierdzili, że ze względu na uzyskiwane niskie plony, ekologiczny system uprawy roślin cechuje się niższym wskaźnikiem efektywności energetycznej niż system integrowany i konwencjonalny. Autorzy ci wskazują również, że uprawa roślin w systemie ekologicznym wiąże się z wyraźnie wyższym zużyciem paliwa w porównaniu do pozostałych systemów produkcji rolniczej, na co wskazały również badania własne.

4. Wnioski

1. Nakłady energii skumulowanej poniesione na uprawę ziemniaka w technologiach ekologicznych wyniosły średnio $25163 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$. Największy w nich udział miały zużyte materiały i paliwo (odpowiednio 43,2 i 25,7%).

2. W ekologicznych technologiach uprawy ziemniaka, w strukturze realizowanych zabiegów mechanizacyjnych, największa energochłonność skumulowana wystąpiła przy zbiorze (średnio $998 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) oraz uprawie roli (średnio $712 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$).

3. Zabiegi mechanizacyjne stosowane w ekologicznej uprawie ziemniaka, za wyjątkiem zbioru, są bardziej energochłonne niż w technologiach konwencjonalnych.

4. Ekologiczne technologie uprawy ziemniaka charakteryzowały się niską efektywnością energetyczną i wysokim wskaźnikiem jednostkowej energochłonności.

5. Literatura

- [1] Dobek T.: Efektywność energetyczna produkcji ziemniaków w wybranych gospodarstwach. *Inżynieria Rolnicza*, 2006, nr 2, 239-246.
- [2] Helander C. A., Delin K.: Evaluation of farming systems according to valuation indices developed within a European network on integrated and ecological arable farming systems. *European Journal of Agronomy*, 2004, Tom 21, Issue 1, s. 53-67.
- [3] Jabłoński K.: Możliwości zmniejszenia energochłonności w uprawie ziemniaka. *Ziemniak Polski*, 1991, 4, s. 28-31.
- [4] Karwowski T.: Podstawy zespołowego użytkowania maszyn (ZUM). Warszawa: Wydawnictwo IBMER, 2008. ISBN 978-83-89806-20-8.
- [5] Pawlak J.: Organizacyjne i ekonomiczne aspekty mechanizacji produkcji roślinnej w indywidualnych gospodarstwach rolniczych. Warszawa: PWRiL, 1989. ISBN 83-09-01386-8.
- [6] Sławiński K.: Analiza usług mechanizacyjnych w gospodarstwach ekologicznych. *Inżynieria Rolnicza*, 2010, 5(123), s. 253-258.
- [7] Sławiński K.: Porównanie energochłonności uprawy wybranych gatunków roślin towarowych w gospodarstwie ekologicznym i konwencjonalnym. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2010, Vol. 55 (4), s. 99-101.
- [8] Sławiński K., Grieger A., Sadowski W.: Porównanie energochłonności uprawy żyta w gospodarstwie konwencjonalnym i ekologicznym. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2008, Vol. 53 (4), s. 71-73.
- [9] Sławiński K., Grieger A., Sadowski W.: Energetyczna ocena ocean konwencjonalnej i ekologicznej technologii uprawy gryki. *Inżynieria Rolnicza*, 2009, Rok XIII, nr 1(110), s. 297-302.
- [10] Sławiński K., Sadowski W.: Energetyczna ocena uprawy ziemniaka w gospodarstwie ekologicznym i konwencjonalnym. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2009, Vol. 54 (4), s. 103-105.
- [11] Wielicki W.: Analiza efektywności energetycznej w rolnictwie. *Post. Nauk Rol.*, 1989, 1, s. 69-86.
- [12] Wójcicki Z.: Wyposażenie techniczne i nakłady materiałowo-energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. Warszawa: IBMER, 2000.
- [13] Wójcicki Z.: Metodyczne problemy badania energochłonności produkcji rolniczej. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 2005, nr 1, s. 5-12.
- [14] Wyniki produkcji roślinnej w 2009 r. GUS. Warszawa, 2010.
- [15] Zaremba W.: Energetyka w systemie eksploatacji sprzętu rolniczego. Warszawa: PWRiL, 1986.