

## ENERGY EVALUATION OF THE CONVENTIONAL AND ECOLOGICAL POTATO CULTIVATION TECHNOLOGY

### Summary

The research concerning the above mentioned issue was conducted in 2002-2004 in a conventional and ecological farm. The input of the accumulated energy for potato cultivation was from 39442 MJ·ha<sup>-1</sup> in the conventional farm, to 27294,5 MJ·ha<sup>-1</sup> in the ecological one. In the ecological farm, higher outlays of accumulated energy were borne included in aggregates and fuel. In the conventional farm, higher outlays of accumulated energy were borne included in the materials used for the production. From among the operations performed in the conventional and ecological farm, the harvest work proved the most energy-consuming. The energy efficiency ratio in the conventional farm was 2,2 and 1,9 in the ecological one.

## ENERGETYCZNA OCENA EKOLOGICZNEJ I KONWENCJONALNEJ TECHNOLOGII UPRAWY ZIEMNIAKA

### Streszczenie

Badania zostały zrealizowane w latach 2002-2004. Przeprowadzono je na terenie województwa zachodniopomorskiego, w konwencjonalnym i ekologicznym gospodarstwie rolnym. Określono wartość energetyczną plonu, wielkość i strukturę nakładów materiałowo-energetycznych uprzedmiotowionych w ciągnikach, maszynach, środkach transportu, częściach do napraw, paliwie, materiałach i pracy ludzkiej, udział energii skumulowanej w wykonanych zabiegach agrotechnicznych oraz wielkość wskaźnika efektywności energetycznej. W gospodarstwie ekologicznym poniesiono wyższe nakłady energii skumulowanej wydatkowanej w pracy agregatów oraz bezpośrednim nośniku – paliwie zaś w konwencjonalnym w materiałach użytych do produkcji (sadzeniakach, nasionach gorczycy, nawozach, środkach ochrony roślin). Łączne nakłady energii skumulowanej poniesione na uprawę ziemniaka jadalnego wyniosły w gospodarstwie konwencjonalnym 39442,3 MJ·ha<sup>-1</sup> zaś w ekologicznym były o 30,8% niższe. Spośród wykonanych zabiegów agrotechnicznych najbardziej energochłonnym w obu gospodarstwach okazał się zbiór plonu. Wskaźnik efektywności energetycznej wyrażający stosunek wartości energetycznej uzyskanego plonu do wielkości energii wydatkowanej na jego uzyskanie wyniósł w gospodarstwie konwencjonalnym 2,2, a w ekologicznym 1,9.

### 1. Wstęp

Ziemniak jest jednym z najtrudniejszych gatunków do uprawy w gospodarstwach ekologicznych [6]. Wynika to z dużego zagrożenia ze strony chorób i szkodników bez możliwości chemicznej ochrony plantacji. Czynniki te, przy braku możliwości stosowania mineralnych nawozów azotowych, powodują znaczne obniżki plonu. Spadek ten, w zależności od lat, może wahać się od 10 do prawie 50% [3]. Mimo to, wielostronność użytkowania plonu, korzystne znaczenie ziemniaka jako rośliny okopowej w płodozmianie oraz możliwość sprzedaży bulw z wczesnych zbiorów, jako warzywa o dużym popycie rynkowym, są argumentem za uprawą ziemniaka w tych gospodarstwach [4]. W konwencjonalnej i ekologicznej uprawie ziemniaka obserwuje się znaczne różnicowanie sposobów produkcji. Porównanie efektywności i energochłonności produkcji w tych gospodarstwach można dokonać za pomocą miernika energetycznego. Można w nim bowiem wyrazić zarówno wartość energetyczną poniesionych nakładów jak i uzyskanego plonu. W bilansowaniu skumulowanych nakładów materiałowo-energetycznych, najczęściej stosuje się megadżule (MJ) i ich wielokrotność [5].

Celem przeprowadzonych badań było porównanie energochłonności uprawy ziemniaka wczesnego w gospodarstwie ekologicznym i konwencjonalnym.

### 2. Warunki i metodyka badań

Badania przeprowadzono w latach 2002-2004 w gospodarstwie ekologicznym i konwencjonalnym. Oba gospodarstwa zlokalizowane były w województwie zachodniopomorskim. Powierzchnia gruntów ornych w gospodarstwie ekologicznym (IV i V klasy bonitacyjnej), wynosiła 64 ha, a w konwencjonalnym 60 ha. W gospodarstwie ekologicznym uprawiano wczesną odmianę Aster na powierzchni 2-5 ha, zaś w konwencjonalnym, również wczesną odmianę Vineta, na obszarze 7-8 ha. Wyniki obliczeń przedstawiono jako średnie z 3 lat badań i odniesiono do powierzchni 1 hektara.

Oba 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 w zależności:

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

Strukturę energochłonności skumulowanej przedstawiono oddzielnie dla wyodrębnionych strumieni energie-

tycznych oraz dla zabiegów agrotechnicznych wykonywanych w gospodarstwach. Energochłonność materiałów (sadzeniaków, nasion gorczycy, nawozów, środków ochrony roślin) oraz wartość energetyczną plonu określono w megadžulach (MJ) w oparciu o wskaźniki energochłonności jednostkowej [7]. Wskaźnik efektywności energetycznej ( $E_{ee}$ ) obliczono z relacji pomiędzy wartością energetyczną plonu ( $P_e$  w  $MJ \cdot ha^{-1}$ ) a nakładami energetycznymi poniesionymi na jego wytworzenie ( $N_e$  w  $MJ \cdot ha^{-1}$ ). Wartość tą wyrażono zależnością:

$$E_{ee} = \frac{P_e}{N_e}$$

### 3. Wyniki i dyskusja

Przygotowanie pola pod uprawę ziemniaków, w obu gospodarstwach, rozpoczęto od stalerczowania pola po zbiorze przedplonu. W gospodarstwie ekologicznym wykonano następnie dwukrotne bronowanie, a w konwencjonalnym bronowanie i siew gorczycy jako międzyplonu ścierniskowego, który po stalerczowaniu, przyorano orką przedzimową. W gospodarstwie ekologicznym, przed wykonaniem orki przedzimowej zastosowano obornik w dawce  $30 t \cdot ha^{-1}$ . Wiosenne zabiegi uprawowe, w obu gospodarstwach, rozpoczęto od bronowania pola. W gospodarstwie konwencjonalnym wykonano następnie wysiew nawozów mineralnych, które wymieszano z glebą agregatem uprawowym. Sadzenie bulw wykonano sadzarkami taśmowo – czerpakowymi: dwurzędową w gospodarstwie ekologicznym i czterorzędową w konwencjonalnym. Pielęgnacja ziemniaków w gospodarstwie ekologicznym polegała na pięciokrotnym ich obsypywaniu, na przemian z bronowaniem oraz na dwukrotnym oprysku biopreparatem Novodor, z chwilą pojawienia się larw stonki ziemniaczanej. W gospodarstwie konwencjonalnym do wschodów wykonano dwukrotne obsypywanie połączone z bronowaniem, a w dalszym okresie wegetacji siedmiokrotne opryski preparatami chemicznymi przeciwko chwastom, szkodnikom i chorobom, łącznie z dolistnym dokarmianiem ziemniaków roztworem mocznika i siarczanu magnezu. Zbiór w obu gospodarstwach wykonano mechanicznie, jednorzędowymi kombajnami ziemniaczanymi.

Na przestrzeni analizowanych 3 lat, średnie plony bulw w gospodarstwie konwencjonalnym wyniosły  $35,6 t/ha$ ,

a w ekologicznym  $20,3 t/ha$ . Plonowanie ziemniaków w systemie ekologicznym były niższe średnio o 43% w stosunku do uprawy konwencjonalnej (tab. 1).

Bardziej energochłonna okazała się konwencjonalna uprawa ziemniaka. Łączne nakłady energii skumulowanej zawarte w jej elementach składowych wyniosły  $39442,3 MJ \cdot ha^{-1}$  (tab. 2). Według Jabłońskiego [2] nakłady te, w konwencjonalnej uprawie ziemniaka, mogą wahać się od 33 do 58 tysięcy megadžuli na hektar. Nakłady energii wydatkowanej w ekologicznej uprawie ziemniaka wyniosły  $27294,5 MJ \cdot ha^{-1}$  i były o 30,8% niższe w stosunku do uprawy konwencjonalnej.

Energochłonność uprawy ziemniaka w największym stopniu różnicowały nakłady energii zawarte w materiałach, tj. w nasionach, sadzeniakach, środkach ochrony roślin oraz nawozach (z uwzględnieniem obornika). Wynosiły one od  $14100 MJ \cdot ha^{-1}$  w gospodarstwie ekologicznym do  $27933,6 MJ \cdot ha^{-1}$  w konwencjonalnym. Stanowiło to odpowiednio 51,6% i 70,8% ogólnych nakładów. W innych gospodarstwach konwencjonalnych wahały się one od  $21150 MJ \cdot ha^{-1}$  do  $29370 MJ \cdot ha^{-1}$  co stanowiło od 71,5% do 75% łącznych nakładów [1]. W ekologicznej technologii uprawy ziemniaka wyższym udziałem charakteryzowała się energia zawarta w pracy maszyn, paliwie i pracy ludzkiej. Spowodowane to było głównie stosowaniem pielęgnowania mechanicznego oraz nawożenia obornikiem.

Analiza wariantów technologii uprawy ziemniaka w badanych gospodarstwach umożliwiła obliczenie energochłonności wykonania poszczególnych zabiegów agrotechnicznych (tab. 3).

Łączne nakłady energii skumulowanej poniesione na wykonanie zabiegów agrotechnicznych były w gospodarstwie ekologicznym o 14,6% wyższe niż w gospodarstwie konwencjonalnym. W strukturze nakładów obu gospodarstw, największym udziałem charakteryzował się zbiór plonu. W gospodarstwie konwencjonalnym, wyższe nakłady energii poniesiono na uprawę gleby pod międzyplon i plon główny oraz na wykonanie chemicznych zabiegów ochronnych, w gospodarstwie ekologicznym natomiast na pielęgnację mechaniczną oraz stosowanie obornika.

Uprawę ziemniaków w obu gospodarstwach cechowała dodatnia efektywność energetyczna (tab. 4). Oznacza to, że poniesiony nakład energii był niższy od uzyskanej wartości energetycznej plonu.

Tab. 1. Plonowanie ziemniaków w gospodarstwie konwencjonalnym i ekologicznym ( $t \cdot ha^{-1}$ )  
Table 1. Potato yield in the conventional and ecological farm ( $t \cdot ha^{-1}$ )

Gospodarstwa	Lata badań			Średnia
	2002	2003	2004	
Konwencjonalne	45,0	30,0	32,0	35,6
Ekologiczne	23,0	18,00	20,0	20,3

Tab. 2. Nakłady energetyczne na uprawę ziemniaka w gospodarstwie konwencjonalnym i ekologicznym. Średnie z lat 2002-2004  
Table 2. Energy outlays of potato production in the conventional and ecological farm. Mean in the years 2002-2004

Strumienie energii	Konwencjonalne		Ekologiczne	
	Nakłady energii ( $MJ \cdot ha^{-1}$ )	Struktura Nakładów (%)	Nakłady energii ( $MJ \cdot ha^{-1}$ )	Struktura nakładów (%)
Agregaty	3553,9	9,0	4478,2	16,4
Paliwo	5642,4	14,3	6086,4	22,2
Materiały	27933,6	70,8	14100,0	51,6
Praca ludzka	2312,4	5,9	2629,9	9,6
Razem	39442,3	100,0	27294,5	100,0

Tab. 3. Energochłonność skumulowana poszczególnych zabiegów w produkcji ziemniaka w gospodarstwie konwencjonalnym i ekologicznym. Średnie z lat 2002-2004

Table 2. Cumulated energy consumption of the specific operations of potato production in the conventional and ecological farm. Mean in the years 2002-2004

Strumienie energii	Konwencjonalne		Ekologiczne	
	Nakłady energii (MJ•ha <sup>-1</sup> )	Struktura nakładów (%)	Nakłady energii (MJ•ha <sup>-1</sup> )	Struktura nakładów (%)
Uprawa gleby	3003,2	26,1	2354,5	17,8
Nawożenie	446,2	3,9	2236,4	16,9
Sadzenie	923,2	8,0	1581,9	12,0
Pielęgnacja mechaniczna	1504,0	13,1	3196,4	24,2
Zabiegi ochronne	1707,3	14,8	210,6*	1,6
Zbiór	3925,0	34,1	3614,7	27,3
Ogółem	11508,9	100,0	13194,5	100,0

\* oprysk Novodorem

Tab. 4. Energetyczna ocena uprawy ziemniaka w gospodarstwie konwencjonalnym i ekologicznym. Średnie z lat 2002-2004

Table 4. Energetic evaluation of potato production in the conventional and ecological farm. Mean in the years 2002-2004

Wyszczególnienie	Jednostka	Konwencjonalne	Ekologiczne
Plon bulw	t • ha <sup>-1</sup>	35,6	20,3
Przelicznik energetyczny dla bulw	MJ • t <sup>-1</sup>	2500,0	2500,0
Wartość energetyczna plonu	MJ • ha <sup>-1</sup>	89000,0	50750,0
Nakłady energii skumulowanej	MJ • ha <sup>-1</sup>	34442,5	27294,5
Wskaźnik efektywności energetycznej	l. nm.	2,2	1,9

Uzyskane wskaźniki efektywności energetycznej wskazują, że na jedną jednostkę energii skumulowanej w nakładach, przypadają w gospodarstwie konwencjonalnym 2,2, a w ekologicznym 1,9 jednostek energii uzyskanych z plonem.

W rezultacie wskaźnik efektywności energetycznej w gospodarstwie konwencjonalnym wyniósł 2,2, a w ekologicznym 1,9.

#### 4. Wnioski

1. Łączne nakłady energii skumulowanej poniesione na uprawę ziemniaka wyniosły w gospodarstwie konwencjonalnym 39442,3 MJ • ha<sup>-1</sup> zaś w gospodarstwie ekologicznym były o 30,8% niższe.
2. W gospodarstwie ekologicznym poniesiono wyższe nakłady energii uprzedmiotowanej w agregatach, paliwie i pracy ludzkiej, a w konwencjonalnym w materiałach użytych do produkcji.
3. Na zabiegi agrotechniczne uprawy ziemniaka w gospodarstwie konwencjonalnym wydatkowano na hektar 11508,9 MJ energii skumulowanej, zaś w gospodarstwie ekologicznym o 14,6% więcej.
4. W obu gospodarstwach największe nakłady energii poniesiono na prace związane ze zbiorem plonu. W konwencjonalnym stanowiły one 34,1%, a w ekologicznym 27,3% ogólnych nakładów.
5. W obu gospodarstwach poniesiony nakład energetyczny był niższy od uzyskanej wartości energetycznej plonu.

#### 5. Literatura

- [1] Dobek T.: Efektywność energetyczna produkcji ziemniaków jadalnych w wybranych gospodarstwach. Inżynieria Rolnicza, 2 s. 239-245, 2006.
- [2] Jabłoński K.: Możliwości zmniejszenia energochłonności w uprawie ziemniaka. Ziemniak Polski, 4 s. 28-31, 1991.
- [3] Kuś J.: Plonowanie roślin w systemie ekologicznym, integrowanym i konwencjonalnym [W:] Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia pod redakcją Zbyszka Zbytka. PIMR, Poznań, t. 2, s 37-46, 2005.
- [4] Nowacki W.: Ekologiczna uprawa ziemniaków szansą dla małej i średniej wielkości gospodarstw. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. 2006, Vol. 51(2), s. 123-130.
- [5] Szeptycki A., Wójcicki Z.: Postęp technologiczny i nakłady energetyczne do 2020 r., IBMER, Warszawa, s. 14-20, 2003
- [6] Tyburski J., Sadowski T.: Specyfika uprawy ziemniaka i pszenicy w gospodarstwach ekologicznych. RCDRRiOW, Przysiek, s. 3-8, 1999.
- [7] Wójcicki Z.: Wyposażenie techniczne i nakłady materiałowo – energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. IBMER, Warszawa, s. 111-131, 2000.