

Piotr Grudnik  
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach  
Mazowiecki Ośrodek Badawczy w Kłudzienku

## EFEKTYWNOŚĆ NAKŁADÓW ENERGETYCZNYCH PRODUKCJI ZIEMNIAKÓW W WYBRANYCH GOSPODARSTWACH ROLNYCH

### Streszczenie

W pracy oceniono produkcję ziemniaków w gospodarstwach rolnych pod względem skumulowanych nakładów materiałowo-energetycznych w latach 2006–2008. Zakres badań obejmował analizę i ocenę technologii produkcji ziemniaków w aspekcie energochłonności poszczególnych zabiegów oraz ich struktury. Oceniono energię skumulowaną w czterech strumieniach: maszynach, paliwie, robociznie oraz materiałach i surowcach. Największą energochłonność skumulowaną stwierdzono w materiałach i surowcach do produkcji ziemniaków – 60,1% w gospodarstwie I i 59,1% w gospodarstwie II. Przeanalizowano również udział energii skumulowanej, wydatkowanej na poszczególne zabiegi (prace maszynowe), tj.: uprawę gleby, nawożenie, sadzenie, pielęgnację mechaniczną, ochronę, zbiór i transport. Największą energochłonność skumulowaną uzyskano podczas zbioru ziemniaków w gospodarstwie I, gdzie jej średnia wartość wyniosła  $3\ 688\ \text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a w II – podczas transportu ziemniaków z plantacji do przechowalni gospodarstwa –  $4\ 559\ \text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Na podstawie uzyskanej wartości energetycznej z plonu ziemniaków i wartości zużytej energii obliczono wskaźnik efektywności energetycznej produkcji ziemniaków, który w gospodarstwie I wyniósł 2,15, a w gospodarstwie II – 2,00.

**Słowa kluczowe:** efektywność energetyczna, nakłady materiałowo-energetyczne, energochłonność, prace maszynowe, produkcja, technologia, ziemniak

### Wstęp

Technologia produkcji ziemniaków dla przemysłu spożywczego musi spełniać wysokie wymagania odbiorcy. Te wymagania zmuszają producentów do uzyskania ziemniaków odpowiedniej jakości oraz jej zachowania podczas długotrwałego (do 9 miesięcy) ich przechowywania w optymalnych warunkach termiczno-wilgotnościowych, które mogą zapewnić tylko dobrze funkcjonujące przechowalnie z automatyczną klimatyzacją. Aby wyprodukować bulwy o odpowiedniej jakości, wymagana jest szczególna staranność i ter-

minowość wykonywania zabiegów agrotechnicznych, począwszy od uprawy gleby, aż do obróbki pozbiorowej ziemniaków [Gruczek 2001]. Stosowane w rolnictwie polskim technologie produkcji ziemniaka charakteryzują się dużymi nakładami pracy i energii. Wynikają one głównie z niewłaściwie dobranych agregatów i złej organizacji pracy [Kowalski 2002; Jabłoński 2001; Szeptycki 2003]. Ważne w ocenie technologii produkcji ziemniaków są kryteria techniczno-ekonomiczne [Nowacki 2000] oraz metoda analizy energetycznej [Wójcicki 2005]. Rachunek tej analizy charakteryzuje się dużą niezależnością od zmiany cen, może także stanowić obciążenie energetyczne środowiska.

Celem badań było przeprowadzenie oceny energetycznej produkcji ziemniaków na chipsy w dwóch gospodarstwach rolnych.

### Metody i warunki badań

Badania przeprowadzono w dwóch gospodarstwach rolnych na terenie woj. mazowieckiego, specjalizujących się w produkcji ziemniaków na chipsy, na glebach II–IV klasy bonitacyjnej w latach 2006–2008. Do analizy nakładów energetycznych, związanych z produkcją ziemniaków, zastosowano metodę obliczeń opracowaną w IBMER [Anuszewski 1987]. Energochłonność skumulowaną dla badanej technologii obliczono z zależności (1):

$$E_{tech} = \sum E_{mat} + \sum E_{agr} + \sum E_{pal} + \sum E_r \quad (1)$$

gdzie:

- $E_{tech}$  – energochłonność badanej technologii [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ];
- $\sum E_{mat}$  – suma energochłonności stosowanych materiałów [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ];
- $\sum E_{agr}$  – suma energochłonności stosowanych agregatów [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ];
- $\sum E_{pal}$  – suma energochłonności zużytego paliwa [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ];
- $\sum E_r$  – suma energochłonności pracy ludzkiej [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ].

W celu ujednoczenia oceny energochłonności poszczególnych zabiegów w produkcji ziemniaków w badanych gospodarstwach, przyjęto dla ciągników jednakowe normatywne wykorzystanie w okresie trwania 10 000 h, dla maszyn – 2 000 h. Ciągniki o mocy powyżej 100 KM oraz maszyny i narzędzia rolnicze o dużych wydajnościach były znanych firm, a przyjęte ich wykorzystanie zgodne z opracowywanymi wskaźnikami eksploatacyjno-ekonomicznymi [Muzalewski 2008]. Wskaźniki zużycia części ciągników i maszyn rolniczych przyjęto do obliczeń 2/5 ich masy [Kamionka 2005]. Pozostałe wskaźniki, tj. przeliczniki produktów i środków stosowanych w rolnictwie na umowne jednostki energochłonności skumulowanej w [MJ], przyjęto według Wójcickiego [2000].

Efektywność energetyczną technologii produkcji ziemniaków dla przemysłu przetwórczego określono jako stosunek energii zawartej w wyprodukowa-

nych bulwach ziemniaków do energii skumulowanej, potrzebnej do wyprodukowania ziemniaków. Obliczono ją z zależności [Szeptycki 2002]:

$$\eta_E = E_Z \cdot E^{-1} \quad (2)$$

gdzie:

$\eta_E$  – efektywność energetyczna badanej technologii;

$E_Z$  – wartość energetyczna plonu [ $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ ];

$E$  – wartość nakładów materiałowo-energetycznych [ $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ ].

Powierzchnia uprawy ziemniaków w gospodarstwie I wynosiła średnio ok. 135 ha na gruntach II i III klasy, oddalonych 1–3 km od gospodarstwa, zaś w gospodarstwie drugim uprawa zajmowała ok. 190 ha na gruntach klasy III–IV, oddalonych 6–30 km od gospodarstwa. Ziemniaki zebrane z pól obydwu gospodarstw były przechowywane (luzem) przez 4–8 miesięcy we własnych przechowalniach. W badanych gospodarstwach stosowano podobną technologię uprawy gleby, tj. orkę przedzimową z przykryciem poplonu gorczycy, nawożenie nawozami mineralnymi (jednokrotnie PK i dwukrotnie N), sadzenie sadzarkami czterzędowymi automatycznymi w rozstawie 75 cm. Masa wysadzanych ziemniaków wynosiła 2,5–3 t, w zależności od odmiany. Uprawiano następujące odmiany: Hermes, Lady Rosetta, Saturna, Courlan. Pielęgnacja mechaniczna polegała na 1–2-krotnym formowaniu redlin. Stosowano zabiegi chemiczne w postaci 8–10 oprysków w gospodarstwie I, zaś w II – 9–12. Do zbioru bulw stosowano kombajny ziemniaczane dwurzędowe. Transport ziemniaków z pola do przechowalni w gospodarstwie I odbywał się przyczepami-wywrotkami o ładowności 7–8 t, zaś w II – przyczepami o ładowności 12 i 30 t, wyposażonymi w przenośniki podłogowe.

### **Przebieg i wyniki badań**

Podczas badań dokonywano chronometrażu pracy ciągników wraz z agregowanymi maszynami w całej technologii produkcji ziemniaków. Określano m.in. wskaźniki wydajności agregatów w czasie roboczym zmiany ( $W_{07}$ ), zużycie paliwa na ha, nakłady robocizny na ha, masy ciągników i maszyn rolniczych. Podczas chronometrażu pracy agregatów zapisywano (w przeliczeniu na ha) zużycie materiałów: nawozów, środków ochrony roślin, sadzenia-ków. Nakłady te przeanalizowano w czterech strumieniach energii: uprzedmiotowionej w ciągnikach, maszynach, środkach transportu, w częściach zamienionych i materiałach wykorzystywanych do napraw, w bezpośrednim nośniku energii (paliwie), w materiałach i surowcach oraz pracy ludzkiej.

Stwierdzono, że nakłady materiałowo-energetyczne poniesione na produkcję ziemniaków w gospodarstwie II są średnio o ok. 28% większe w porównaniu z gospodarstwem I. Strukturę nakładów materiałowo-energetycznych na produkcję ziemniaków w badanych gospodarstwach w latach 2006–2008 przedstawiono w tabeli 1 oraz na rysunku 1.

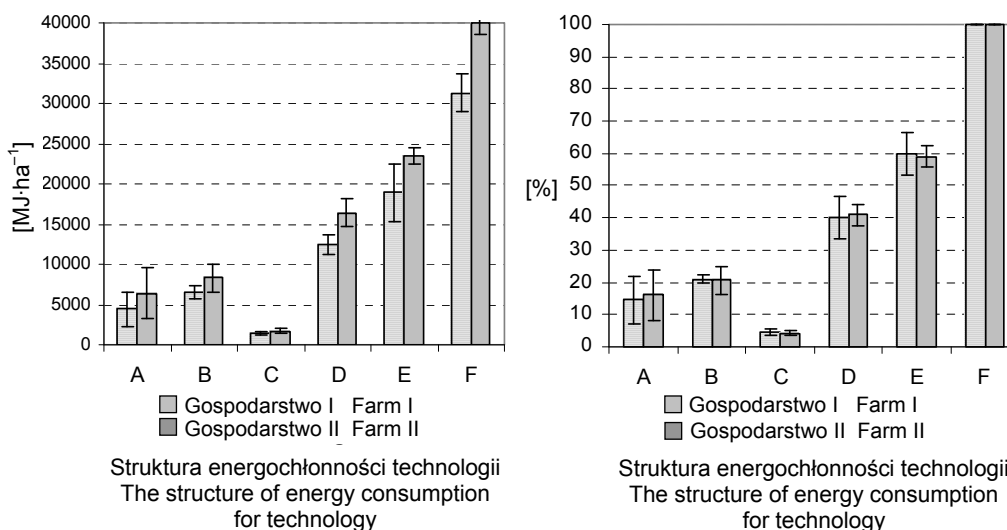
Tabela 1. Struktura energochłonności technologii produkcji ziemniaków w badanych gospodarstwach w latach 2006–2008

Table 1. The structure of energy consumption in potato production technology on the farms surveyed within 2006–2008

Struktura nakładów The structure of inputs											
ciągniki i maszyny tractors and machines (A)		paliwo fuel (B)		robocizna human labour (C)		razem prace maszynowe machine works in total (D)		nakłady materiałowe material inputs (E)		ogółem nakłady inputs in total (F)	
[MJ·ha <sup>-1</sup> ]	[%]	[MJ·ha <sup>-1</sup> ]	[%]	[MJ·ha <sup>-1</sup> ]	[%]	[MJ·ha <sup>-1</sup> ]	[%]	[MJ·ha <sup>-1</sup> ]	[%]	[MJ·ha <sup>-1</sup> ]	[%]
Gospodarstwo I Farm I											
4 430	14,14	6 580	21,01	1 432	4,57	12 442	39,72	18 882	60,28	31 324	100
Gospodarstwo II Farm II											
6 421	15,94	8 273	20,66	1 712	4,32	16 406	40,92	23 550	59,08	39 963	100

Objaśnienie: wartości średnie z 3 lat badań. Explanation: mean values for 3 year's studies.

Źródło: Grudnik [2009]. Source: Grudnik [2009].



Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 1. Energochłonność technologii produkcji ziemniaków w latach 2006–2008; wartości średnie; 95-procentowy przedział ufności; A – ciągniki i maszyny, B – paliwo, C – robocizna, D – razem prace maszynowe, E – nakłady materiałowe, F – ogółem nakłady materiałowe skumulowane

Fig. 1. Energy inputs on potato production technology within 2006–2008; average values; 95% confidence interval; A – tractors and machines, B – fuel, C – human labour, D – machine works in total, E – material inputs, F – cumulated energy inputs

Największą energochłonność skumulowaną stanowiły materiały i surowce, tzn. nawozy mineralne, środki ochrony roślin oraz sadzeniaki. Średnia wartość energii skumulowanej materiałów dla badanych technologii produkcji ziemniaków w gospodarstwach wyniosła  $21\,216\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  i wahała się od  $16\,550\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (55,9%) w gospodarstwie I w 2007 r. do  $24\,700\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (61,5%) w gospodarstwie II w 2006 r. [Grudnik 2009]. W grupie materiałów największy udział stanowiły nawozy, których energia skumulowana w gospodarstwie I wyniosła średnio  $11\,456\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , 60,7% całkowitej energii skumulowanej w materiałach, a w gospodarstwie II –  $15\,453\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (66,6%). Większe dawki nawozów stosowanych w gospodarstwie II wynikały z uprawy ziemniaków na glebach o niższej klasie bonitacyjnej. Najmniejszy udział miała energia skumulowana w środkach ochrony roślin i wyniosła  $1\,950\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (10,3%) w gospodarstwie I oraz  $2\,245\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (9,5%) w II. Pozostały udział energochłonności materiałów stanowiły sadzeniaki.

Największą energochłonność skumulowaną w pracach maszynowych produkcji ziemniaków stanowiło paliwo, którego średnia wartość energii skumulowanej dla obu gospodarstw wyniosła  $7\,426\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  i wahała się od  $6\,000\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (19,7%) w gospodarstwie I w 2008 r. do  $10\,360\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (25,8%) w gospodarstwie II w 2006 r. Najmniejszą energochłonność skumulowaną stanowiła praca ludzka, której średnia wartość w obu gospodarstwach wyniosła  $1\,572\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  i wahała się od  $1\,240\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (4,1%) w gospodarstwie I w 2008 r. do  $1\,956\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  (4,9%) w gospodarstwie II w 2006 r.

W strukturze nakładów energetycznych zabiegów w produkcji ziemniaków w obu gospodarstwach największą średnią wartość uzyskano podczas zbioru –  $3\,541\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$  i transportu –  $3\,588\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W gospodarstwie I nakłady energetyczne na zbiór wahały się od  $3\,119$  do  $4\,830\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a w gospodarstwie II od  $3\,347$  do  $4\,202\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Największe nakłady na zbiór w gospodarstwie I w 2007 r. były spowodowane trudnymi warunkami podczas zbioru i częstymi awariami kombajnu. Duża wartość nakładów energetycznych na transport ziemniaków z plantacji do przechowalni w gospodarstwie II była związana z odległością (ok. 30 km) i wyniosła w 2008 r.  $6\,482\text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Najmniejszą energochłonnością skumulowaną charakteryzowały się zabiegi związane z pielęgnacją i nawożeniem. Średni udział procentowy w tych zabiegach był zbliżony w obu gospodarstwach – ok. 10,5%.

Strukturę nakładów energetycznych poszczególnych zabiegów w badanych technologiach produkcji ziemniaków na chipsy w gospodarstwach przedstawiono w tabeli 2 oraz na rysunku 2.

Technologie produkcji ziemniaków na chipsy w badanych gospodarstwach w latach 2006–2008 charakteryzowały się dość dużym współczynnikiem efektywności produkcji. Największą efektywność stwierdzono w gospodarstwie I w 2008 r., gdzie efektywność energetyczna wyniosła 2,63, a najmniejszą w gospodarstwie II w 2006 r., w którym efektywność energetyczna

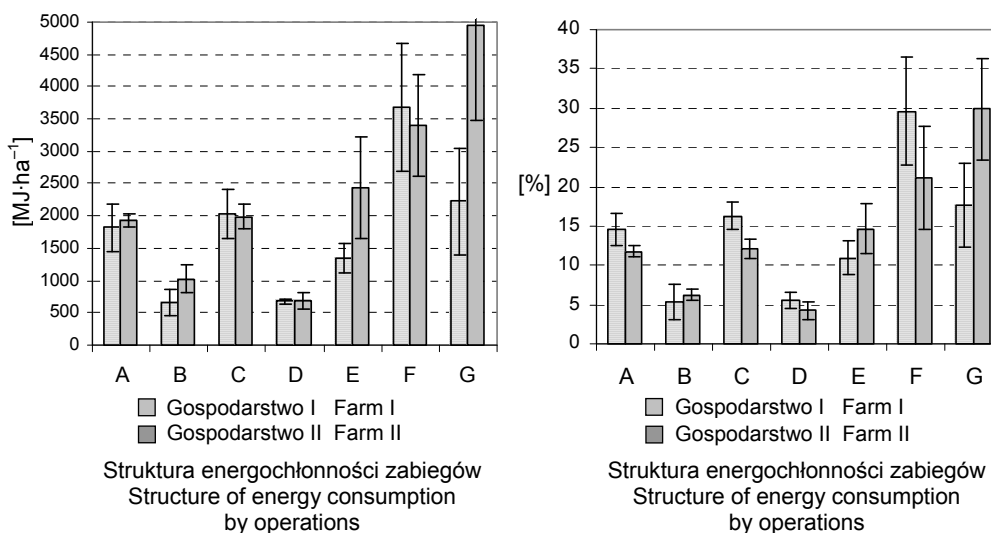
Tabela 2. Energochłonność skumulowana poszczególnych zabiegów w technologii produkcji ziemniaków w badanych gospodarstwach w latach 2006–2008

Table 2. Cumulated energy consumption by particular operations in potato production technology in farms surveyed within 2006–2008

Struktura zabiegów Structure of operations													
uprawa tillage (A)		nawożenie fertilization (B)		sadzenie planting (C)		pielęgnacja cultivation (D)		ochrona plant protection (E)		zbiór harvesting (F)		transport transport (G)	
[MJ·ha <sup>-1</sup> ]	[%]	[MJ·ha <sup>-1</sup> ]	[%]	[MJ·ha <sup>-1</sup> ]	[%]	[MJ·ha <sup>-1</sup> ]	[%]	[MJ·ha <sup>-1</sup> ]	[%]	[MJ·ha <sup>-1</sup> ]	[%]	[MJ·ha <sup>-1</sup> ]	[%]
Gospodarstwo I Farm I													
1 820	14,59	649	5,36	2 033	16,27	676	5,50	1 352	10,95	3 688	29,62	2 217	17,66
Gospodarstwo II Farm II													
1 927	11,81	1 021	6,21	1 987	12,19	687	4,29	2 431	14,67	3 393	21,14	4 959	29,91

Objaśnienie: jak pod tabelą 1. Explanation: see table 1.

Źródło: Grudnik [2009]. Source: Grudnik [2009].



Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Rys. 2. Energochłonność poszczególnych zabiegów w technologii produkcji ziemniaków w latach 2006–2008; wartości średnie, 95-procentowy przedział ufności; A – uprawa, B – nawożenie, C – sadzenie, D – pielęgnacja, E – ochrona, F – zbiór, G – transport

Fig. 2. Energy consumption by particular operations in potato production technology within 2006–2008; mean values, 95% confidence interval; A – tillage, B – fertilization, C – planting, D – cultivation, E – plant protection, F – harvesting, G – transport

wyniosła 1,62. Nakłady materiałowo-energetyczne na produkcję ziemniaków w gospodarstwie I były mniejsze o ok. 27%, a plon z ha o 19%, a w stosunku do gospodarstwa II uzyskano większą – o ok. 8% – efektywność energetyczną produkcji ziemniaków. Uzyskane średnie wartości efektywności energetycznej dla badanych gospodarstw interpretuje się następująco: gospodarstwo I – 2,15; gospodarstwo II – 2,00. Wartości służące do wyliczenia efektywności energetycznej przedstawiono w tabeli 3.

*Tabela 3. Efektywność energetyczna technologii produkcji ziemniaków na chipsy w badanych gospodarstwach w latach 2006–2008*

*Table 3. Energy effectiveness of potato production technology in surveyed farms within 2006–2008*

Gospodarstwo Farm	Średni plon Mean yield	Nakłady materiałowo- -energetyczne Material and energy inputs	Wartość energetyczna ziemniaków <sup>1)</sup> Energy value of potatoes <sup>1)</sup>	Efektywność energetyczna Energy effectiveness
I	27	31 324	67 500	2,15
II	32	39 963	80 000	2,00

<sup>1)</sup>Przelicznik energetyczny – 2,5 MJ·kg<sup>-1</sup>. <sup>1)</sup> Energy conversion factor – 2.5 MJ·kg<sup>-1</sup>.

Źródło: Grudnik [2009]. Source: Grudnik [2009].

## Wnioski

1. Największą energochłonnością skumulowaną charakteryzowały się materiały i surowce. Wyniosła ona 60,1% całkowitej energochłonności skumulowanej technologii produkcji ziemniaków w gospodarstwie I i 59,1% w gospodarstwie II.
2. W strukturze wykonywanych zabiegów największa energochłonność skumulowana wystąpiła w gospodarstwie I w zbiorze ziemniaków (średnio 3688 MJ·ha<sup>-1</sup>), a w gospodarstwie II – w transporcie ziemniaków z plantacji do przechowalni (4559 MJ·ha<sup>-1</sup>).
3. Większa (o 7,5%) efektywność energetyczna technologii produkcji ziemniaków na chipsy w gospodarstwie I w stosunku do gospodarstwa II wynikała z faktu posiadania przez gospodarstwo I bardziej urodzajnych i utrzymanych w lepszej kulturze gleb oraz mniejszej (ok. 10 razy) odległości plantacji od przechowalni.

## Bibliografia

- Anuszewski R. 1987. Metodyka energochłonności produktów rolniczych. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej. Z. 4, s. 17–25
- Gruczek T. 2001. Technologia produkcji ziemniaka jadalnego i dla przetwórstwa. IHAR, O.Jadwisin, ss. 68

- Grudnik P. 2009. Energochłonność produkcji i przechowywania ziemniaków dla przetwórstwa spożywczego. IBMER. Warszawa, s. 4–12
- Jabłoński K. 2001. Nowe technologie produkcji ziemniaka dla różnych kierunków użytkowania. *Więś Jutra*. Nr 3(32), s. 15–17
- Kamionka J. 2005. Wpływ techniki na efektywność pogłównego nawożenia zbóż. Rozprawa habilitacyjna. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 15(75), s. 55–56
- Kowalski J. 2002. Postęp naukowo-techniczny a racjonalna gospodarka energią w produkcji rolniczej. PTIR. Kraków
- Muzalewski A. 2008. Koszty eksploatacji maszyn. Nr 22. IBMER. Warszawa, ss. 47
- Nowacki W. 2000. Uwarunkowania strukturalno-ekonomiczne i rynkowe produkcji i przechowywania ziemniaka jadalnego w Polsce – przegląd piśmiennictwa i wyniki badań własnych. *Biuletyn IHAR*. Nr 213, s. 5–17
- Szeptycki A. 2002. Efektywność postępu technicznego w technologii towarowej produkcji ziemniaków. Rozprawa habilitacyjna. Nr 10. Warszawa, s. 69–70
- Szeptycki A. 2003. Technologie zbioru ziemniaków – ocena ekonomiczna i energetyczna. *Więś Jutra*. Nr 2(55), s. 18–20
- Wójcicki Z. 2000. Wyposażenie techniczne i nakłady materiałowo-energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. IBMER. Warszawa, ss. 139
- Wójcicki Z. 2005. Metodyczne problemy badania energochłonności produkcji rolniczej. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 1(47), s. 3–12

## **EFFECTIVENESS OF THE ENERGY INPUTS ON POTATO PRODUCTION IN SELECTED FARMS**

### **Summary**

Production of the potatoes was evaluated in respect of cumulated material and energy inputs. The study, conducted within 2006–2008 on two farms, analysed potato production in aspect of the energy inputs on particular technological treatments as well as their structure. The cumulated energy consumption was considered in four streams: machines, fuel, human labour, material and raw-materials. The highest cumulated energy consumption was stated in the materials and raw-materials used to potato production, amounting to 60.1% in the farm I, and 59.1% in farm II. The share of cumulated energy was also analysed, as expended on particular technological treatments (machine works), i.e. the soil tillage, fertilization, planting, mechanical cultivation, plant protection, harvesting and transport. The highest cumulated energy consumption was observed during potato harvesting in the farm I,



where its average value reached  $3\ 688\ \text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ , whereas in the farm II – during transporting potatoes from the field to storage on the farm –  $4\ 559\ \text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ . On the basis of energy obtained from the yield of potatoes and the value of energy consumed, an index of energy efficiency at potato production was calculated; this index amounted to 2.15 and 2.00 for the farms I and II, respectively.

**Key words:** energy efficiency, material-energy inputs, energy consumption, machine works, production, technology, potato cultivation

Praca wpłynęła do Redakcji: 10.06.2010 r.

*Recenzenci: prof. dr hab. Aleksander Szeptycki  
prof. dr hab. Czesław Waszkiewicz*

Adres do korespondencji:

dr inż. Piotr Grudnik  
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy  
Mazowiecki Ośrodek Badawczy w Kłudzienku  
05-825 Grodzisk Mazowiecki  
tel. 22 724-07-03 w. 121; e-mail: p.grudnik@itep.edu.pl

