

## OCENA NAKŁADÓW ENERGETYCZNYCH WYBRANYCH TECHNOLOGII ZAKŁADANIA PLANTACJI ŚLĄZOWCA PENSYLWAŃSKIEGO

Tomasz Piskier

*Katedra Agrotechnologii, Politechnika Koszalińska*

**Streszczenie.** W doświadczeniu polowym porównano wpływ trzech technologii zakładania plantacji ślązowca na wielkość nakładów energetycznych, nakładów pracy ludzkiej oraz efektywność energetyczną jego produkcji. Największe nakłady energii i pracy ludzkiej poniesiono na założenie plantacji z całych karp i z ich fragmentów (kłączy). Plon biomasy a w przeliczeniu również energii były istotnie większe po zastosowaniu tych technologii niż uzyskane na obiektach zakładanych z siewu nasion, co spowodowało zwiększenie wskaźnika efektywności energetycznej odpowiednio do poziomu 3,5 i 3,76 w roku założenia plantacji oraz 7,2 i 6,7 w drugim roku uprawy roślin.

**Słowa kluczowe:** efektywność energetyczna, pracołłonność, ślázowiec

### Wykaz oznaczeń

$E_{cg}$	– energochłonność pracy ciągnika [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ],
$E_e$	– wskaźnik efektywności energetycznej,
$E_m$	– energochłonność pracy maszyn [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ],
$E_{tech}$	– energochłonność badanej technologii [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ],
$f$	– wskaźnik obciążenia silnika podczas wykonywania zabiegu,
$h$	– czas potrzebny do wykonania zabiegu [h],
$M_c$	– sumaryczna masa ciągników użytych do wykonania danego zabiegu [kg],
$M_m$	– sumaryczna masa maszyny użytej do wykonania danego zabiegu [kg],
$N_s$	– moc nominalna silnika [kW],
$P_e$	– wartość energetyczna plonu [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ],
$q$	– jednostkowe zużycie paliwa przez silnik [ $\text{kg}\cdot\text{kWh}^{-1}$ ],
$Q$	– ilość zużytego paliwa [kg],
$T_{nc}$	– normatywna liczba godzin pracy ciągnika w okresie jego użytkowania [h],
$T_{nm}$	– normatywna liczba godzin pracy maszyny w okresie jej użytkowania [h],
$W_{ec}$	– wskaźnik jednostkowej energochłonności ciągników [ $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ],
$W_{em}$	– wskaźnik jednostkowej energochłonności maszyny [ $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ],
$W_z$	– wskaźnik jednostkowej energochłonności części zamiennych [ $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ],
$W_{07}$	– wydajność eksploatacyjna agregatu podczas wykonywania danego zabiegu [ $\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$ ],

---

$Z_c$	– masa zużytych części zamiennych w ciągniku [kg],
$Z_m$	– masa zużytych części zamiennych w maszynie [kg],
$\Sigma E_{agr}$	– suma energochłonności stosowanych agregatów [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ],
$\Sigma E_{mat}$	– suma energochłonności stosowanych materiałów [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ],
$\Sigma E_{pal}$	– suma energochłonności zużytego paliwa [ $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ].

## Wprowadzenie

Starania Unii Europejskiej zmierzają w kierunku zmniejszenia ogólnego zapotrzebowania na energię, zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych i zwiększenia udziału energii ze źródeł odnawialnych. W strukturze wykorzystania odnawialnych źródeł energii, szczególnie na obszarach wiejskich największe znaczenie będzie miało drewno, odpady drzewne i plantacje roślin energetycznych [Wójcicki 2007]. Gatunkami roślin szczególnie przydatnymi do upraw energetycznych są rośliny wieloletnie [Piskier 2006]. Rośliny te są wrażliwe na zachwaszczenie w pierwszym roku uprawy [Dreszer i in. 2003] ale koszt pielęgnacji i założenia plantacji rozkłada się na wiele lat [Piskier 2006]. Najbardziej popularnym gatunkiem roślin energetycznych jest wierzba wiciowa [Szczukowski i in. 2004], pod względem plonu suchej masy może z nią jednak skutecznie konkurować ślazier pod warunkiem, że będzie uprawiany na glebach bardzo dobrych [Borkowska 2007]. Ważnym parametrem upraw energetycznych jest określenie nakładów energii i pracy żywej potrzebnych do założenia i prowadzenia plantacji [Kwaśniewski 2006], oraz określenie efektywności energetycznej ich produkcji [Kisiel i in. 2003].

## Cel badań

Celem przeprowadzonych badań była ocena efektywności energetycznej i nakładów pracy ludzkiej wybranych technologii zakładania plantacji ślazier w warunkach indywidualnego gospodarstwa rolnego.

## Metodyka i warunki badań

Jednoczynnikowe doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2005-2007 w indywidualnym gospodarstwie rolnym położonym w Dobiesławiu, powiat sławieński. Doświadczenie dotyczące efektywności energetycznej uprawy ślazier zlokalizowano na glebie średniozwięzłej IVb klasy bonitacyjnej, założono je w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach. Powierzchnia doświadczenia wynosiła 1,2 ha, obsada roślin 53,3 tys. szt.  $\cdot\text{ha}^{-1}$ . Ślazier uprawiano w stanowisku po dyni pastewnej, nawożonej pełną dawką obornika.

W trakcie badań analizie poddano wpływ trzech technologii zakładania plantacji ślazier na efektywność energetyczną jego produkcji oraz wielkość nakładów pracy ludzkiej.

Zastosowano następujące warianty zakładania plantacji:

1) plantacja z siewu: orka, doprawianie gleby wiosną bronowanie, nawożenie mineralne, spulchnianie gleby (kultywator + wał strunowy), siew nasion, oprysk przeciw chwastom,

2) plantacja z sadzenia kłączy: orka, doprawianie gleby wiosną bronowanie, nawożenie mineralne, spulchnianie gleby (kultywator + wał strunowy), znaczenie rzędów, sadzenie kłączy, oprysk przeciw chwastom,

3) plantacja z sadzenia karp: orka, doprawianie gleby wiosną bronowanie, nawożenie mineralne, spulchnianie gleby (kultywator + wał strunowy), znaczenie rzędów sadzenie karp, oprysk przeciw chwastom.

Nasiona wysiano w ilości  $2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , po siewie wykonano oprysk Betanalem 180 EC w ilości  $1 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Na plantacji zakładanej z wysadzenia kłączy wysadzono  $1500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  kłączy, natomiast na plantacji zakładanej z sadzenia karp wysadzono  $3670 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  karp. Na obydwu wariantach po posadzeniu zastosowano oprysk Azoprimem 50WP w ilości  $2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

W drugim roku badań zastosowano nawożenie mineralne ( $\text{N } 70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 24 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $\text{K}_2\text{O } 24 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), w trakcie wegetacji dwukrotnie wykonano odchwaszczanie mechaniczne przy użyciu pielnika.

Zbiór wykonano na przełomie stycznia i lutego sieczkarnią dwurzędową Z-374, do transportu użyto dwa zestawy transportowe ciągnik i przyczepa rolnicza o ładowności  $8 \text{ m}^3$ .

Do analizy nakładów energetycznych ponoszonych na produkcję biomasy ślazuwa zastosowano metodę energochłonności skumulowanej [Anuszewski, Pawlak, Wójcicki 1979, Wójcicki 2002].

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

Ponieważ określenie energochłonności pracy ludzkiej ( $\Sigma E_r$ ) w warunkach polowych nie było możliwe do wyznaczenia, pominięto ten składnik energii skumulowanej a wzór przyjął postać:

$$E_{tech} = E_{mat} + E_{agr} + E_{pal} \quad [\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}] \quad (2)$$

W celu określenia energochłonności pracy ciągnika wykorzystano zależność:

$$E_{cg} = \frac{M_c \cdot W_{ec} + Z_c \cdot W_z}{T_{nc} \cdot W_{07}} \quad [\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}] \quad (3)$$

[Anuszewski, Pawlak i Wójcicki 1997; wskaźniki energochłonności jednostkowej wg Wójcickiego 2002]

Analogiczny wzór zastosowano do obliczenia energochłonności pracujących maszyn:

$$E_m = \frac{M_m \cdot W_{em} + Z_m \cdot W_z}{T_{nm} \cdot W_{07}} \quad [\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}] \quad (4)$$

[Anuszewski, Pawlak, Wójcicki, 1997; wskaźniki energochłonności jednostkowej wg Wójcickiego 2002].

Energochłonność pracujących agregatów wyliczono sumując energochłonność ciągnika i współpracującej z nim maszyny.

Ilość zużytego paliwa wyliczono według wzoru:

$$Q = N_s \cdot q \cdot h \cdot f \quad [\text{kg}] \quad (5)$$

[Karwowski 1998].

Energię wniesioną w formie materiałów wyliczono poprzez przemnożenie masy materiału zużytego w trakcie produkcji przez wartość energii w nim zawartej przyjmując dla nawozów azotowych  $77 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ N}$ , potasowych  $10 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ , fosforowych  $15 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ , dla pestycydów  $300 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  substancji aktywnej [Wójcicki 2002]. Wielkość nakładów energii wniesionej w formie sadzonek przyjęto na poziomie  $2,5 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , nasion  $30 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , oleju napędowego  $48 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Wskaźnik efektywności energetycznej obliczono według zależności podanej przez Harasima [1997]

$$E_e = \frac{P_e}{E_{tech}} \quad (6)$$

Zawartość wody w plonie oznaczono metodą suszarkowo-wagową susząc próby w temperaturze  $80^\circ\text{C}$  i dosuszając do stałej masy w temperaturze  $105^\circ\text{C}$ . Następnie plon biomasy przeliczono na plon suchej substancji i przemnożono przez wartość opałową suchej substancji ślazuwca wynoszącą  $14,0 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  [Borkowska, Styk 2006] wyznaczając w ten sposób wartość energetyczną plonu ( $P_e$ ) w  $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Nakłady pracy ludzkiej określono stosując chronometraż pełny [Kuczewski, Majewski 1985].

Uzyskane wyniki badań dotyczących plonowania poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem modelu analizy wariancji, a istotność różnic określono za pomocą testu t Studenta na poziomie  $\alpha=0,05$ .

## Wyniki badań

Testowane w doświadczeniu technologie zakładania plantacji ślazuwca różniły się od siebie wielkością i strukturą poniesionych nakładów energii (tab. 1). Na założenie plantacji z zastosowaniem siewu roślin zużyto  $6,94 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ , natomiast zakładanie plantacji z kłączy pochłonęło o 64% więcej energii. Największe jednak nakłady energii poniesiono na założenie plantacji stosując jako materiał rozmnożeniowy całe karp (wzrost w porównaniu do siewu o 142%). W drugim roku uprawy różnice w wielkości nakładów energii poniesionych na prowadzenie plantacji były niewielkie (o 3% większe na poletkach zakładanych z kłączy i o 5% większe na poletkach zakładanych z karp – w porównaniu do siewu). Wynikało to z braku zróżnicowania nakładów materiałowych i pielęgnacji. Różnica była generowana jedynie przez energię poniesioną na zbiór roślin.

## Ocena nakładów energetycznych...

Tabela 1. Wielkość nakładów energii poniesionych na założenie i prowadzenie plantacji ślázowca pensylwańskiego

Table 1. The amount of energy expenditure for establishing and running Pennsylvanian Mallow plantation

Energia wniesiona w formie	Nakłady energii dla testowanych technologii zakładania plantacji [GJ·ha <sup>-1</sup> ]		
	Z siewu	Z kłaczy	Z całych karp
Założenie plantacji			
Zużytego paliwa	3,07	3,42	3,46
Stosowanych agregatów	6,61	7,46	7,46
Zużytych materiałów	3,21	7,23	12,64
Razem	6,94	11,39	16,85
Drugi rok uprawy			
Zużytego paliwa	2,44	2,63	2,75
Stosowanych agregatów	0,59	0,65	0,69
Zużytych materiałów	5,39	5,39	5,39
Razem	8,41	8,66	8,83

Wielkość uzyskanego plonu energii była istotnie uzależniona od technologii zakładania plantacji. W roku założenia równie wysoki plon energii uzyskano na poletkach zakładanych z kłaczy jak i z karp (tab. 2). Plony te były większe w porównaniu do uzyskanych na poletkach zakładanych z siewu odpowiednio o 717% i 900%. Zdecydowało to o wielkości wskaźnika efektywności energetycznej produkcji, który dla technologii zakładania plantacji z siewu wyniósł zaledwie 0,25, natomiast dla technologii zakładania plantacji z kłaczy wyniósł 1,2 zaś dla technologii zakładania plantacji z całych karp wyniósł 1,0. W drugim roku prowadzenia plantacji wielkość wskaźnika efektywności energetycznej uległa wyraźnemu zwiększeniu. Bardzo niski plon energii uzyskany na obiektach zakładanych z siewu spowodował, że wartość wskaźnika wynosiła zaledwie 0,53, co oznacza, że nie nastąpił nawet zwrot poniesionych nakładów energii. Największy plon energii uzyskano na obiektach zakładanych z całych karp a wskaźnik efektywności energetycznej wyniósł 5,55. Technologia, w której zastosowano kłacza generowała wielkość wskaźnika efektywności energetycznej na poziomie 4,04.

Nakłady pracy ludzkiej (tab. 3) poniesione na założenie plantacji ślázowca z siewu wyniosły 7,46 rbh·ha<sup>-1</sup>. Na założenie plantacji z kłaczy należało przeznaczyć 42,8 rbh·ha<sup>-1</sup>, natomiast stosując całe karpy 59,5 rbh·ha<sup>-1</sup>.

W drugim roku prowadzenia plantacji wielkość poniesionych nakładów pracy ludzkiej wahała się w granicach od 5,9-7,2 rbh·ha<sup>-1</sup>. Na obiektach, które zostały założone z kłaczy nakład pracy ludzkiej był o 8,5% większy niż nakład poniesiony na obiektach założonych z siewu roślin. Analogicznie na obiektach, które zostały założone z całych karp nakład ten był większy o 15,5%.

Tabela 2. Wpływ technologii zakładania plantacji ślazuwca pensylwańskiego na wielkość plonu i wskaźnika efektywności energetycznej  
 Table 2. The impact of technology used to establish Pennsylvanian Mallow plantation on crop size and energy efficiency index value

Badana cecha	Testowana technologia zakładania plantacji			NIR $\alpha_{0,05}$
	Z siewu	Z kłaczy	Z całych karp	
Założenie plantacji				
Plon energii [GJ·ha <sup>-1</sup> ]	1,68	13,72	16,80	10,68*
Wskaźnik efektywności energetycznej	0,25	1,20	1,00	
Drugi rok uprawy				
Plon energii [GJ·ha <sup>-1</sup> ]	4,48	35,00	49,01	13,16*
Wskaźnik efektywności energetycznej	0,53	4,04	5,55	

Tabela 3. Wpływ technologii zakładania plantacji ślazuwca pensylwańskiego na wielkość nakładów pracy ludzkiej  
 Table 3. The impact of technology used to establish Pennsylvanian Mallow plantation on labour amount

Badana cecha	Testowana technologia zakładania plantacji		
	Z siewu	Z kłaczy	Z całych karp
Założenie plantacji			
Nakład pracy [rbh·ha <sup>-1</sup> ]	7,46	42,80	59,50
Drugi rok uprawy			
Nakład pracy [rbh·ha <sup>-1</sup> ]	5,94	6,71	7,22

## Wnioski

1. Największe nakłady energetyczne i pracy ludzkiej poniesiono na założenie plantacji z całych karp. Stosując jako materiał nasadzeniowy kłacza nakład energii zmniejszył się o 32% zaś pracy ludzkiej o 28%. Plantacja zakładana z siewu pochłonęła o 59% mniej energii i o 87% mniej pracy ludzkiej.
2. W pierwszym roku uprawy plantacje zakładane z całych karp i z kłaczy wytwarzały podobny plon energii (odp. 16,8 i 13,7 GJ·ha<sup>-1</sup>), natomiast z siewu istotnie mniejszy (1,68 GJ·ha<sup>-1</sup>). Zdecydowało to o wielkości współczynnika efektywności energetycznej, który dla plantacji założonej z karp wynosił 1,0, z kłaczy 1,2, natomiast z siewu jedynie 0,25.
3. W drugim roku badań plon energii i współczynniki efektywności energetycznej były istotnie uzależnione od zastosowanej technologii zakładania plantacji. Plantacja założona z całych karp dała plon energii wynoszący 49 GJ·ha<sup>-1</sup>, przy współczynniku efektywności energetycznej 5,55. Plantacja zakładana z kłaczy wydała plon mniejszy o 29%, zaś z siewu o 91%.

## Bibliografia

- Anuszewski R., Pawlak J., Wójcicki Z.** 1979. Energochłonność produkcji rolniczej. Metodyka badań energochłonności produkcji surowców żywnościowych. IBMER Warszawa.
- Borkowska H.** 2007. Plonowanie ślazuwca pensylwańskiego i wierzby krzewiastej na glebie kompleksu pszennego dobrego. *Fragmenta Agronomica* 2(94). s. 41-47.
- Borkowska H., Styk B.** 2006. Ślazuwiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby): uprawa i wykorzystanie. Wyd. AR Lublin. ISBN 83-72591-42-3.
- Dreszer K., Michalek R., Roszkowski A.** 2003. Energia odnawialna – możliwości jej pozyskania i wykorzystania w rolnictwie. Wyd. PTIR Kraków-Lublin-Warszawa.
- Harasim A.** 1997. Możliwości kompensacji ujemnego wpływu stanowiska na plonowanie i efektywność produkcji pszenicy ozimej. II Efektywność ekonomiczna i energetyczna. *Pam. Puł.* 111. s. 73-87.
- Karwowski T.** 1998. Podstawy zespołowego użytkowania maszyn (ZUM) IBMER Warszawa. Maszynopis.
- Kisiel R., Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J.** 2003. Energochłonność i efektywność energetyczna uprawy wierzby krzewiastej. *Fragmenta Agronomica* 3(79) s. 87-97.
- Kuczewski J., Majewski Z.** 1985. Eksploatacja maszyn rolniczych. Tom I. PWRiL Warszawa. ISBN 83-09-00707-8.
- Kwaśniewski D.** 2006. Ocena wybranych technologii uprawy wierzby energetycznej w aspekcie ponoszonych nakładów. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 3(78). s. 217-224.
- Piskier T.** 2006. Nakłady robocizny i koszty uprawy topinamburu. *Inżynieria Rolnicza* Nr 11(86). Kraków. s. 359-365.
- Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.J.** 2004. Wierzba energetyczna. Wyd. Plantpres. Kraków. ISBN 83-85982-86-8.
- Wójcicki Z.** 2002. Wyposażenie i nakłady materiałowo energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. IBMER Warszawa. ISBN 83-86264-62-4.
- Wójcicki Z.** 2007. Energia odnawialna, biopaliwa i ekologia. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 2, s. 5-18.

## **EVALUATION OF ENERGY EXPENDITURE FOR SELECTED TECHNOLOGIES USED TO ESTABLISH *PENNSYLVANIAN MALLOW (SIDA HERMAPHRODITA)* PLANTATIONS**

**Abstract.** Field experiment was carried out in order to compare the impact of three technologies used to establish mallow plantation on energy expenditure, labour amount and energy efficiency of its production. Highest energy expenditure and labour amount was incurred to establish a plantation using whole rootstocks and their fragments (rhizomes). Biomass crop and, after conversion, energy yield as well, were significantly higher after having employed these technologies than the respective values obtained for objects established from seeding. This resulted in energy efficiency index growth to the level of 3.5 and 3.76, respectively, in the year the plantation was established, and 7.2 and 6.7 in the second year of plant growing.

**Key words:** energy efficiency, labour consumption, mallow

**Adres do korespondencji:**

Tomasz Piskier; e-mail: [piskier@poczta.onet.pl](mailto:piskier@poczta.onet.pl)  
Katedra Agrotechnologii  
Politechnika Koszalińska  
ul. Raławicka 15-17  
75-526 Koszalin