

ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF FODDER PUMPKIN ORGANIC PRODUCTION

Summary

For determining the size and structure of energy input in the production of fodder pumpkin a single-factor field experiment was carried out in 2005-2006. Application of the technology including mineral fertilizers, energy input was 19.64 GJ ha^{-1} , reaching cumulative energy efficiency ratio of 1.27. The technology including organic fertilizers absorbed 17.58 GJ ha^{-1} of energy obtaining cumulative energy efficiency ratio of 1.85. Irrespective of the technology, the biggest energy outlay was in the form of fuel. Crop harvesting was the most energy-intensive technological process. For the technology of mineral fertilization, 67% of the energy was absorbed in the form of fuel for the machines but for organic fertilization technology it was 81%.

ANALIZA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ PROEKOLOGICZNEJ PRODUKCJI DYNI PASTEWNEJ

Streszczenie

Jednoczynnikowe doświadczenie polowe, dotyczące określenia wielkości i struktury nakładów energetycznych w produkcji dyni pastewnej, przeprowadzono w latach 2005-2006. Stosując nawożenie mineralne zużyto $19,64 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ energii skumulowanej osiągając wskaźnik efektywności energetycznej wynoszący 1,27. Technologia wykorzystująca nawożenie organiczne pochłonęła łącznie $17,58 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ energii skumulowanej uzyskując wskaźnik efektywności energetycznej na poziomie 1,85. Niezależnie od stosowanej technologii największy nakład energii koniecznej do jej przeprowadzenia jest wnoszony w formie paliwa, natomiast najbardziej energochłonnym procesem technologicznym jest zbiór plonu, który w technologii nawożenia mineralnego pochłaniał 67% energii wnoszonej w formie paliwa i stosowanych agregatów natomiast przy stosowaniu nawożenia organicznego 81%.

Oznaczenia

E_e – wskaźnik efektywności energetycznej,
 E_{tech} - energochłonność badanej technologii, $[\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}]$,
 f - wskaźnik obciążenia silnika podczas wykonywania zabiegu,
 h - czas potrzebny do wykonania zabiegu, $[\text{h}]$, N_s - moc nominalna silnika, $[\text{kW}]$,
 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, $[\text{kg}]$,
 ΣE_{agr} - suma energochłonności stosowanych agregatów, $[\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}]$,
 ΣE_{mat} - suma energochłonności stosowanych materiałów, $[\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}]$,
 ΣE_{pal} – suma energochłonności zużytego paliwa, $[\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}]$.

1. Wstęp

Prowadzenie produkcji rolniczej metodami ekologicznymi często wiąże się ze zwiększeniem wielkości nakładów energetycznych [8, 9, 5]. Oceniając technologię produkcji rolniczej można stosować kryteria ekonomiczne lub energetyczne [2, 4, 7]. Jednak w dobie rosnących cen nośników energetycznych o przydatności danej technologii produkcji będą w coraz większym stopniu decydowały względy energetyczne [6]. Podejmowanie badań struktury i wielkości nakładów energetycznych produkcji może docelowo pomóc w opracowywaniu nowych energooszczędnych technologii produkcji.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wielkości i struktury nakładów energetycznych ponoszonych na produkcję dyni pastewnej przy stosowaniu dwóch technologii jej uprawy.

2. Warunki i metody badań

Jednoczynnikowe doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2005-2006 w indywidualnym gospodarstwie rolnym położonym w powiecie koszalińskim. Doświadczenie założono na glebie klasy IVa o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego. Dynię pastewną uprawiano w stanowisku po ziemniakach. Po zbiorze ziemniaków wykonano kultywatorowanie na głębokość 18-20 cm. Wiosną wykonywano bronowanie, nawożenie (według metodyki), następnie dwukrotne kultywatorowanie (kultywator z wałem strunowym) na głębokość 15 cm w odstępach około 3 tygodni. Siew dyni wykonywano ręcznie w trzeciej dekadzie maja wysiewając po 2 nasiona w gniazda o rozstawie rzędów wynoszącej 1,5 m, w rzędzie gniazda oddalone były o 0,5 m.

Badanym czynnikiem były dwie technologie uprawy dyni pastewnej różniące się sposobami nawożenia:

1. Nawożenie mineralne – kontrola – równoważne z dawką $15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ obornika,
2. Nawożenie organiczne w dawce $15 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ obornika.

Pielęgnacja plantacji była wykonywana mechanicznie zmodyfikowanym pielnikiem dostosowanym do rozstawu rzędów. Zbiór dokonywano ręcznie od września do października w miarę potrzeb paszowych bydła. Zbiór prób

z poletek pomiarowych dokonywany był na przełomie września i października. Poletka o powierzchni 250 m², przeznaczone do badań zostały wyznaczone w sposób losowy po 6 na każdej testowanej technologii. Badania wydajności maszyn oraz nakładów pracy wykonywane były na powierzchni całego pola za pomocą chronometrażu uproszczonego. Powierzchnia całej plantacji wynosiła 1,2 ha, przy czym pod technologię z nawożeniem organicznym przeznaczono 0,5 ha. Wyniki badań przeliczono na powierzchnię 1 ha.

Do analizy nakładów energetycznych ponoszonych na produkcję dyni pastewnej zastosowano metodykę energochłonności skumulowanej [1, 3, 10].

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

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

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

Ilość zużytego paliwa wyliczono według wzoru:

$$Q = N_s \cdot q \cdot h \cdot f \text{ [kg]} \quad (3)$$

według [3]

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 MJ·kg⁻¹ N, potasowych 10 MJ·kg⁻¹ K₂O, fosforowych 15 MJ·kg⁻¹ P₂O₅, dla obornika 2 MJ·kg⁻¹. Wielkość nakładów energii wniesionej w formie nasion dyni przyjęto na poziomie 12 MJ·kg⁻¹, oleju napędowego 48 MJ·kg⁻¹ [10].

Wskaźnik efektywności energetycznej obliczono według zależności podanej przez Harasima [2]

$$E_e = P_e / E_{tech} \quad (4)$$

Wielkość plonu określono poprzez zważenie wszystkich owoców występujących na poletkach badawczych, następnie pobrano próby o masie 5 kg i wysuszono je w temperaturze 80°C, dosuszając następnie do stałej masy w temperaturze 105°C. Wyznaczono w ten sposób zawartość a następnie plon suchej masy owoców. Wartość energetyczną plonu obliczono przemnażając plon suchej masy przez jego wartość energetyczną (7,87 MJ·kg⁻¹) przyjmując ją dla wartości energetycznej pasz dla bydła, w żywieniu którego dyni była stosowana.

Nakłady pracy ludzkiej określono jako odwrotność wydajności eksploatacyjnej maszyn. Uzyskane wyniki badań dotyczących plonowania poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem modelu analizy wariancji, a istotność różnic określono za pomocą testu t Studenta na poziomie $\alpha_{0,05}$.

3. Wyniki badań i dyskusja

Analizując wielkość i strukturę nakładów energetycznych poniesionych na uprawę dyni pastewnej (przeciętnie dla lat badań) należy zauważyć, że zastosowanie proekologicznych metod produkcji opartych o nawożenie obornikiem spowodowało zmniejszenie wielkości skumulowanego nakładu energii o 10,5% w porównaniu do wielkości uzyskanej na technologii wykorzystującej nawożenie mineralne (tab. 1). Największy nakład energii, niezależnie od stosowanej technologii wniesiono w formie zużytego paliwa i stanowił on 42,7% w przypadku technologii nawożenia mineralnego oraz 45,8% w technologii nawożenia obornikiem. Energia wniesiona w formie stosowanych agregatów stanowiła około 36,6% w obydwu technologiach. Natomiast energia wniesiona w formie materiałów stanowiła 20,4% w technologii nawożenia mineralnego i 17,7% przy zastosowaniu technologii nawożenia obornikiem.

Stosowane w badanych technologiach produkcji procesy technologiczne w wyraźny sposób różnicowały wielkość wnoszonych nakładów energii (w formie zużytego paliwa i stosowanych agregatów) (tab. 2). Uprawa gleby, siew nasion i pielęgnacja roślin nie były różnicowane w badanych technologiach, wielkość nakładu energii wniesionego przez te zabiegi technologiczne wynosiła około 2,8 GJ·ha⁻¹. Największe różnice w wielkości nakładów energetycznych wystąpiły podczas procesu nawożenia. Zastosowanie nawożenia obornikiem spowodowało niemal 10-krotnie zwiększenie ilości energii wniesionej w formie paliwa i agregatów niż zastosowanie nawożenia mineralnego. Drugim procesem technologicznym wyraźnie różnicującym wielkość analizowanych nakładów energetycznych był zbiór roślin. Plon roślin wyrażony w świeżej masie owoców był mniejszy na poletkach nawożonych obornikiem, co w bezpośredni sposób znalazło odzwierciedlenie w wielkości nakładów energetycznych poniesionych na jego zbiór. Wielkość nakładów była mniejsza o 24% w porównaniu do obiektów nawożonych mineralnie.

Tab. 2. Wielkość nakładów energetycznych wnoszonych w formie zużytego paliwa i stosowanych agregatów przez poszczególne procesy technologiczne stosowane w produkcji dyni pastewnej [MJ·ha⁻¹]

Table 2. The amount of energy inputs brought in the form of fuel and machines utilized by different processes during the production of the fodder pumpkin [MJ·ha⁻¹]

Proces technologiczny	Badana technologia	
	Nawożenie mineralne	Nawożenie organiczne
Uprawa gleby, siew i pielęgnacja	2770,0	2770,0
Nawożenie	209,9	2076,5
Zbiór	12647,7	9618,9

Tab. 1. Wpływ technologii uprawy dyni pastewnej na wielkość skumulowanych nakładów energii [MJ·ha⁻¹]

Table 1. Effect of cultivation technology of fodder pumpkin on the size of the cumulative energy outlay [MJ·ha⁻¹]

Badana technologia	Strumień energii			Skumulowany nakład energii
	Energia w formie zużytego paliwa	Energia w formie stosowanych agregatów	Energia w formie materiałów	
Nawożenie mineralne	8,38	7,25	4,01	19,64
Nawożenie organiczne	8,06	6,40	3,12	17,58

Parametrem, który w syntetyczny sposób umożliwia porównanie technologii produkcji jest wskaźnik efektywności energetycznej uwzględnia on bowiem wielkość nakładów energii oraz wielkość jej produkcji. Technologia nawożenia mineralnego charakteryzowała się większym nakładem energii skumulowanej koniecznej do jej wykonania (tab. 2, 3). O różnicy tej zdecydował nakład energii konieczny do wykonania zbioru plonu. Zjawisko to nie znalazło jednak odzwierciedlenia w wielkości plonu roślin wyrażonego w jednostkach energetycznych. Szczegółowe badania wykazały, że owoce uzyskane z poletek nawożonych mineralnie były większe i zawierały więcej wody. Przeliczenie masy plonu na plon wyrażony w suchej masie a następnie w jednostkach energetycznych dowiodło, że wielkość produkcji energii uzyskanej na obiektach nawożonych obornikiem jest większa przeciętnie o 30,2% (tab. 3). Wskaźnik efektywności energetycznej produkcji dyni pastewnej uzyskanej w takiej sytuacji na poletkach nawożonych mineralnie wyniósł 1,27 natomiast na poletkach nawożonych obornikiem 1,85 i był o ponad 45% lepszy.

Tab. 3. Efektywność energetyczna produkcji dyni pastewnej
Table 3. Energy efficiency of fodder pumpkin production

Badana technologia	Badany parametr		
	Wartość energetyczna plonu [GJ·ha ⁻¹]	Skumulowany nakład energii [GJ·ha ⁻¹]	Wskaźnik efektywności energetycznej
Nawożenie mineralne	24,97	19,64	1,27
Nawożenie organiczne	32,52	17,58	1,85

Badania efektywności energetycznej produkcji prowadzonej w warunkach ekologicznych nie należą do popularnych. Uzyskiwane przez innych autorów wyniki [8, 9] wskazują na niewielką efektywność energetyczną produkcji, która w gospodarstwach ekologicznych jest wyraźnie mniejsza niż w produkcji konwencjonalnej. Uzyskane wyniki badań własnych nie potwierdzają tej zasady. Wielkość nakładów energetycznych poniesionych na produkcję dyni była w prawdzie większa przy zastosowaniu metod proekologicznych uzyskano jednak istotnie większy plon energii. Podobnie natomiast kształtuje się struktura nakładów energetycznych. W praktyce największe nakłady pochłania zbiór plonu. W badaniach Sławińskiego i in. [8] bardzo duży udział w strukturze nakładów miały również materiały. Opinia ta nie została potwierdzona w badaniach własnych, co jest spowodowane między innymi tym, że ilość energii wnoszona w materiale siewnym dyni była bardzo mała.

4. Wnioski

1. Zastąpienie nawożenia mineralnego nawożeniem obornikiem powoduje niemal 10-krotne zwiększenie wielkości nakładów energii koniecznej do przeprowadzenia tego procesu.
2. Największa ilość energii koniecznej do przeprowadzenia procesu produkcji dyni pastewnej wnoszona jest w postaci paliwa (około 45%) – niezależnie od stosowanej technologii.
3. Zastosowanie proekologicznych sposobów uprawy dyni pastewnej charakteryzowało się lepszym wskaźnikiem efektywności energetycznej (o 46% w porównaniu do nawożenia mineralnego). Zdecydowała o tym korzystniejsza zawartość suchej masy i koncentracji energii w plonie owoców.

Literatura

- [1] Anuszewski R., Pawlak J., Wójcicki Z.: Energochłonność produkcji rolniczej. Metodyka badań energochłonności produkcji surowców żywnościowych. IBMER, Warszawa, 1979.
- [2] Harasim A.: Możliwości kompensacji ujemnego wpływu stanowiska na plonowanie i efektywność produkcji pszenicy ozimej. II Efektywność ekonomiczna i energetyczna. Pam. Puł., 1997, 111, s. 73-87.
- [3] Karwowski T.: Podstawy zespołowego użytkowania maszyn (ZUM). IBMER, Warszawa, 1998.
- [4] Kisiel R., Stolarski M., Szczukowski S., Tworkowski J.: Energochłonność i efektywność energetyczna uprawy wierzby krzewiastej. Fragmenta Agronomica, 3 (79), 2003, s. 87-97.
- [5] Piskier T.: Analiza efektywności energetycznej proekologicznych sposobów ograniczania zachwaszczenia pszenicy jarej. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2008, vol. 53 (4), s. 37-39.
- [6] Piskier T.: Proekologiczne sposoby ograniczania zachwaszczenia pszenicy jarej. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2003, Vol. 48(2), s. 23-25.
- [7] Piskier T.: Efektywność energetyczna uprawy wierzby w różnych warunkach glebowych. Inżynieria Rolnicza, 2008, 2 (100).
- [8] Sławiński K., Grieger A., Sadowski W.: Energetyczna ocena konwencjonalnej i ekologicznej technologii uprawy gryki. Inżynieria Rolnicza, 2009, nr 1 (110), s. 297-302.
- [9] Sławiński K., Sadowski W.: Energetyczna ocena ekologicznej i konwencjonalnej technologii uprawy ziemniaka. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2009, Vol. 54(4), s. 103-105.
- [10] Wójcicki Z.: Wyposażenie i nakłady materiałowo energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. IBMER, Warszawa, 2002.