

Katedra Agrotechnologii i Zarządzania Produkcją Roślinną
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Oczapowskiego 8, 10-791 Olsztyn
e-mail: stanb@uwm.edu.pl

BEATA SZWEJKOWSKA, STANISŁAW BIELSKI

Ocena energetyczna produkcji nasion soczewicy jadalnej (*Lens culinaris* Medic.)

Evaluation of energetic effectiveness of seed lentil (*Lens culinaris* Medic.)
production

Streszczenie. Badaniami objęto dwie odmiany soczewicy jadalnej Tina i Anita. W uprawie stosowano zróżnicowaną technologię produkcji nasion. Badania wykazały, że rodzaj zastosowanej technologii produkcji miał istotny wpływ na wysokość plonu soczewicy, a tym samym na wartość energetyczną plonu. Najwyższy wskaźnik efektywności energetycznej odnotowano u odmiany Tina w technologii wysokonakładowej, natomiast u odmiany Anita w technologii średnionakładowej.

Słowa kluczowe: soczewica jadalna, technologia produkcji, efektywność energetyczna

WSTĘP

Ważnym aspektem uprawy roślin bobowatych jest pozyskanie białka, wykorzystywanego w żywieniu zarówno ludzi, jak i zwierząt. Nie bez znaczenia jest również fakt pozostawiania dobrego stanowiska dla gatunków następczych. Udział zbóż w strukturze zasiewów w Polsce wynosi już ponad 76%, więc wprowadzanie roślin strączkowych do uprawy jest szczególnie wskazane.

Przydatność różnych technologii produkcji można oceniać pod względem ekonomicznym i energetycznym, a wyznaczając wskaźnik efektywności energetycznej można wskazać technologię najbardziej korzystną z punktu widzenia nakładów i zysków energetycznych.

Według Kopcia [1987] intensywność gospodarowania w rolnictwie rozumiana jest również poprzez poziom nakładów pracy uprzedmiotowionej, m.in. na środki ochrony roślin poniesione na jednostkę powierzchni. Liczni autorzy [Nalborczyk 1993, Księżak i in. 1998, Prusiński 2006, Szwejkowska i Bielski 2007] zwracają uwagę na właściwy dobór odmiany i technologii uprawy, które mają zasadniczy wpływ na poziom plonu

nasion. Dobór właściwej technologii uprawy w istotnym stopniu może rekompensować straty w plonie nasion wynikające z niekorzystnych warunków klimatycznych [Szwejkowska 2004].

Celem niniejszych badań była ocena energetyczna zastosowanych w uprawie zapraw fungicydowych i fungicydowo-insektycydowych oraz ich wpływu na wysokość plonu nasion soczewicy jadalnej.

MATERIAŁ I METODY

Podstawę niniejszego opracowania stanowią wyniki ścisłych trzyletnich badań polowych przeprowadzonych w latach 2007–2009 w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym w Bałczynach k. Ostródy przez Katedrę Agrotechnologii i Zarządzania Produkcją Roślinną UWM. Doświadczenie 2-czynnikowe (w 4 powtórzeniach) założono metodą split-plot, wielkość poletka do zbioru wynosiła 13 m².

Czynnikami doświadczenia były:

I – odmiany soczewicy jadalnej: Tina i Anita,

II – technologie uprawy: nisko-, średnio- i wysokonakładowa.

W ramach technologii niskonakładowej zastosowano mechaniczną pielęgnację przeciwciw chwastom (2-krotne bronowanie), nie stosowano nawożenia azotem, zaprawiania nasion oraz zwalczania chemicznego chorób i szkodników. W technologii średnionakładowej stosowano dawkę azotu 25 kg·ha⁻¹, zaprawianie nasion zaprawą Funaben T, której substancjami czynnymi są karbendazym i tiuram w ilości odpowiednio 148 i 332 g·l⁻¹ środka, mechaniczną ochronę przeciwko chwastom (2-krotne bronowanie) oraz chemiczne zwalczanie szkodników preparatem Decis 2,5 EC w dawce 0,3 l·ha⁻¹ (substancja biologicznie czynna deltametryna 25 g·l⁻¹ środka), bez zwalczania chorób. W technologii wysokonakładowej stosowano nawożenie azotem w dawce 50 kg·ha⁻¹, zaprawianie nasion zaprawą insektycydową Super Homai 70 DS, zawierającą substancje czynne: tiofanat metylowy 350 g·l⁻¹, tiuram 200 g·l⁻¹, diazynon 150 g·l⁻¹, ochronę chemiczną przeciwko chwastom Afalon 50 WP w dawce 1,5 l·ha⁻¹ (substancja biologicznie czynna linuron 25 g·l⁻¹ środka), ochronę przed szkodnikami Fastac 100 EC w dawce 0,1 l·ha⁻¹ (substancja biologicznie czynna alfa-cypermetyryna 100 g·l⁻¹ środka) oraz Decis 2,5 EC w dawce 0,3 l·ha⁻¹ (substancja biologicznie czynna deltametryna 25 g·l⁻¹ środka). Testowane zaprawy zostały użyte w dawce 400 g na 100 kg materiału siewnego. Nasiona wysiewano w terminach optymalnych dla regionu północno-wschodniej Polski w rozstawie 15 cm, stosując następującą ilość nasion soczewicy do wysiewu na 1 ha⁻¹: 93 kg odmiany Tina oraz 87 kg odmiany Anita. Przyjęto optymalną obsadę roślin dla obu odmian 200 szt.·1 m⁻².

Doświadczenie założono na glebie bielcowej, pylastej, wytworzonej z gliny średniej, kompleksu pszennego dobrego klasy IIIa, charakteryzującej się wysoką zasobnością w fosfor, potas i magnez o pH 6,7. Przedplonem soczewicy w każdej technologii uprawy były zboża: w pierwszym roku uprawy pszenica ozima, w drugim – jęczmień ozimy, w trzecim – pszenżyto ozime.

Jesienią zastosowano nawożenie fosforem w dawce 26 kg·ha⁻¹ P (46% superfosfat potrójny) i potasem w dawce 83 kg·ha⁻¹ K (60% sól potasowa). Wiosną natomiast zastosowano nawożenie azotem w dawkach 25 kg·ha⁻¹ i 50 kg·ha⁻¹ (w zależności od intensywności uprawy 34% saletra amonowa). Jesienne zabiegi uprawowe wykonano, stosując podorywkę z bronowaniem i orkę średnią, a wiosną włókovanie i 2-krotne bronowanie.

Ocenę energochłonności uprawy przeprowadzono na podstawie plonów średnich uzyskanych w badanych latach. W rachunku efektywności energetycznej wyodrębniono w nakładach cztery strumienie energii: praca ludzka, nośniki energii (olej napędowy), materiały (nawozy sztuczne, materiał siewny, środki ochrony roślin), maszyny i narzędzia [Wielicki 1989]. Nakłady środków produkcji oraz nakłady robocizny i siły pociągowej ponoszone na uprawę roli, siew, zabiegi pielęgnacyjne i zbiór przeliczono na MJ, wykorzystując przy tym odpowiednie wskaźniki energochłonności, stosowane w rachunku energetycznym produkcji roślinnej [Wójcicki 1983, Anuszewski 1987, Borówczak i Grześ 2005]. Przyjęto następujące wskaźniki energochłonności: praca ludzka – 40 MJ·rbh⁻¹, nośniki energii – 48 MJ·kg⁻¹, nawozy azotowe (N) – 77 MJ·kg⁻¹, nawozy fosforowe (P₂O₅) – 15 MJ·kg⁻¹, nawozy potasowe (K₂O) – 10 MJ·kg⁻¹, materiał siewny – 24 MJ·kg⁻¹, środki ochrony roślin – 300 MJ·kg⁻¹ substancji aktywnej. Wielkość nakładów energetycznych określono na podstawie bezpośrednich pomiarów własnych, wg stosowanych elementów agrotechniki w uprawie na polach produkcyjnych z wykorzystaniem maszyn i urządzeń typowych dla produkcji rolniczej. Rachunek przeprowadzono w odniesieniu do powierzchni 1 ha. Miernikiem efektywności był wskaźnik efektywności energetycznej, wynikający z proporcji między wartością energetyczną plonu a nakładami poniesionymi na jego wyprodukowanie. Do oceny energetycznej posłużono się także zyskiem energii skumulowanej i wskaźnikiem energochłonności jednostkowej [Zaremba 1986, Wielicki 1989].

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Klepacki [1990] i Szwejkowska [2004] wskazują na właściwy dobór technologii uprawy jako czynnika decydującego o powodzeniu i efektywności uprawy. Autorzy podkreślają, że wybór technologii nie jest łatwy, ponieważ zależy w dużym stopniu od warunków środowiska, w tym przede wszystkim klimatycznych. Książak i in. [1998], Książak i Kuś [2005], Artyszak i Kucińska [2005] oraz Prusiński [2006] podkreślają, że oprócz efektywności rolniczej zastosowanego nawożenia mineralnego oraz przemysłowych środków produkcji o wyborze właściwej technologii uprawy decyduje aspekt ekonomiczny.

Poziom nakładów energetycznych w rozpatrywanych wariantach technologii produkcji był na podobnym poziomie i wahał się od 6239 MJ do 10 897 MJ·ha⁻¹ (tab. 1). W badaniach Szwejkowskiej i Bielskiego [2007] suma nakładów na produkcję grochu siewnego wynosiła od 9832 do 18 329 MJ·ha⁻¹. Według Bujaka [2010] wydatkowane nakłady energetyczne na uprawę grochu mieściły się w granicach od 11 900 do 13 400 MJ·ha⁻¹. Natomiast Dobek [2006] i Dobek i in. [2009] podają, że wysokość nakładów na produkcję soi wynosił ok. 13 000 MJ·ha⁻¹. Struktura nakładów energetycznych na poszczególne ogniwa agrotechniki była na zbliżonym poziomie. Niewielkie różnice wynikały z masy wysianych nasion badanych odmian i rodzaju zastosowanej zaprawy. Najwyższy udział w strukturze nakładów energetycznych w uprawie stanowiło nawożenie mineralne (od 32,5 do 56% w zależności od technologii produkcji). W badaniach Szwejkowskiej i Bielskiego [2007] dotyczących grochu udział nakładów energetycznych na to ogniwo agrotechniki wynosił od 14,1 do 40,7%. Natomiast w badaniach Szwejkowskiej i Bielskiego [2010] nakłady w uprawie grochu kształtował się na poziomie 35%. W badaniach Bujaka i in. [2010] nakłady energetyczne na nawożenie mineralne wynosiły 31%. Mniejsze nakłady poniesiono na siew i materiał siewny (od 21,1 do 37,8%). Zdecydowanie większy udział tego ogniwa agrotechniki Szwejkowska i Bielski odnotowali

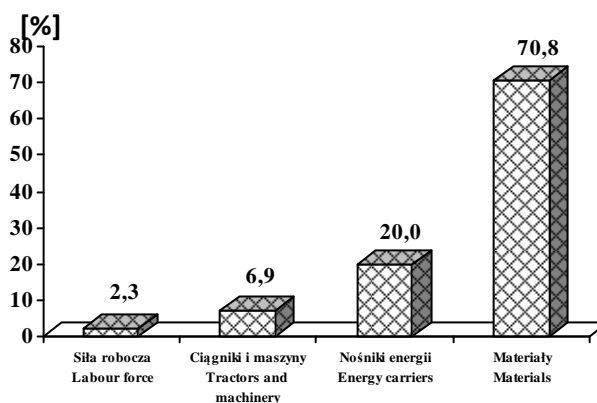
we wcześniejszych badaniach nad grochem [2007, 2010], odpowiednio od 34,8 do 62,8% oraz 51%. W badaniach Bujaka [2010] na siew wydatkowano tylko 16,9% sumy nakładów. W niniejszych badaniach energia wydatkowana na przedsięwzięcie uprawy roli stanowiła od 11,3 do 19,8% sumy nakładów energii na całą agrotechnikę. W badaniach Szwejkowskiej i Bielskiego dotyczących grochu wynosiła od 8,2 do 15,9% w roku 2007 i 6% w roku 2010. W badaniach Dobka [2006] uprawa roli pochłaniała średnio 31% wydatkowanej energii, a w późniejszych badaniach tego samego autora [Dobek i in. 2009] aż 42,4%.

Tabela 1. Nakłady energii skumulowanej, wg operacji produkcyjnych, poniesione na uprawę 1 ha soczewicy jadalnej (MJ)

Table 1. Energy input for lentil production ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), according to agrotechnical measures

Operacje produkcyjne Agrotechnical measures	Tina			Anita		
	1	2	3	1	2	3
Uprawa roli Soil cultivation	1236	1236	1236	1236	1236	1236
Siew i materiał siewny Sowing and sowing material	2410	2410	2410	2266	2266	2266
Nawożenie Mineral fertilization	2076	4089	6014	2076	4089	6014
Regulacja zachwaszczenia Weed control	227	227	465	227	227	465
Ochrona przed szkodnikami Chemical pests control	0	129	259	0	129	259
Ochrona przed chorobami Chemical diseases control	0	54	78	0	50	73
Zbiór – Harvesting	434	434	434	434	434	434
Razem – Total	6383	8579	10897	6239	8432	10748

1 – technologia niskonakładowa – low-input technology, 2 – technologia średnionakładowa – medium-input technology, 3 – technologia wysokonakładowa – high-input technology



Rys. 1. Struktura nakładów energii skumulowanej, wg strumieni energii, wydatkowanej na uprawę soczewicy jadalnej

Fig. 1. The structure of energy input for edible lentil production

Tabela 2. Wybrane elementy oceny energetycznej uprawy soczewicy jadalnej
Table 2. Selected elements of energy evaluation of edible lentil production

Wyszczególnienie Description	Tina			Anita		
	1	2	3	1	2	3
Nakłady energii skumulowanej (MJ·ha ⁻¹) Energy outlay (MJ·ha ⁻¹)	6383	8579	10897	6239	8432	10748
Wartość energetyczna plonu (MJ·ha ⁻¹) Energetic value of yield (MJ·ha ⁻¹)	24480	39600	51840	26160	45120	55680
Zysk energii skumulowanej (MJ·ha ⁻¹) Gain of cumulative energy (MJ·ha ⁻¹)	18097	31021	40943	19921	36688	44932
Energochłonność jednostkowa (MJ·dt ⁻¹) Energy consumption per unit (MJ·dt ⁻¹)	626	520	504	572	448	463
Wskaźnik efektywności energetycznej Index of energy efficiency	3,84	4,62	4,76	4,19	5,35	5,18

1 – technologia niskonakładowa – low-input technology, 2 – technologia średnionakładowa – medium-input technology, 3 – technologia wysokonakładowa – high-input technology

Zabiegi ograniczające występowanie chwastów były mało energochłonne i mieściły się w zakresie od 2,6 do 4,3% w strukturze nakładów. Ochrona chemiczna soczewicy jadalnej przeciwko chorobom wyniosła do 0,7%, a przeciwko szkodnikom do 2,4% w strukturze nakładów. Nakłady energetyczne poniesione na zbiór roślin kształtowały się na podobnym poziomie w każdej z rozpatrywanych technologii.

Analizując strukturę nakładów energii skumulowanej wg strumieni energii, stwierdzono, że największy udział stanowiły materiały – 70,8% (rys. 1). O dużym udziale tego strumienia energii zdecydowały przede wszystkim nakłady poniesione na nawozy mineralne i materiał siewny. Nośniki energii stanowiły 20%, a ciągniki i maszyny 6,9%. Najmniejszy udział miała energia wydatkowana na pracę ludzką (2,3%).

Obie badane odmiany soczewicy jadalnej reagowały podobnie na intensywność zastosowanych technologii produkcji (tab. 2). Należy jednak nadmienić, że zysk energii skumulowanej w uprawie odmiany Anita był większy, co wynikało z wyższego plonu nasion. Natomiast w uprawie odmiany Tina zysk energii skumulowanej był mniejszy. Najmniejszy zysk energii skumulowanej odnotowano (w odniesieniu do obydwu odmian soczewicy jadalnej) w obiektach z technologią niskonakładową, gdzie różnica wyniosła 56% w odniesieniu do technologii wysokonakładowej. Największą energochłonność jednostkową obu odmian odnotowano w technologii niskonakładowej. Technologia wysokonakładowa pozwoliła zmniejszyć energochłonność jednostkową produkcji soczewicy jadalnej o 19%. Wskaźnikiem umożliwiającym pełne porównanie badanych technologii produkcji oraz ich efektów jest wskaźnik efektywności energetycznej. Średnio efektywność energetyczna była większa w uprawie odmiany Anita (4,91) niż odmiany Tina (4,40). W porównywanych technologiach odmiany Tina największy wskaźnik efektywności energetycznej odnotowano w technologii wysokonakładowej (4,76), natomiast u odmiany Anita w technologii średnionakładowej (5,35). Zwiększając poziom intensywności technologii produkcji, uzyskano korzystniejsze wskaźniki efektywności energetycznej. W technologii wysokonakładowej zwyczajka plonu nasion soczewicy nie rekompensowała nakładów poniesionych na jego uzyskanie.

W niniejszych badaniach najwyższy wskaźnik efektywności energetycznej wynosił 5,35. Wielicki [1989] nadmienia, że w przeciętnych warunkach gospodarowania z 1 jednostki nakładów energetycznych w produkcji roślinnej powinno się uzyskać około 4 jednostki energetyczne w produkcie (plonie) podstawowym. W badaniach Dobek [2006] efektywność energetyczna soi wynosiła 1,77, natomiast w pracy Dobek i in. [2009] podano, że wynosiła 2,1. Bujak i in. [2010] w badaniach nad efektywnością energetyczną produkcji grochu w płodozmianie uzyskali wskaźnik efektywności energetycznej 5,13. Szwejkowska i Bielski [2007] w badaniach nad grochem podali, że najwyższy wskaźnik efektywności energetycznej wyniósł 6,61. Autorzy ci w późniejszych badaniach [2010], oceniając efektywność energetyczną wysokoplonującej odmiany pastewnej grochu Eureka, uzyskali bardzo wysoki wskaźnik efektywności energetycznej (10,2). Niniejsze badania wskazują, że większe nakłady ponoszone na wzrost intensywności technologii produkcji powodowały przyrost wartości energetycznej plonu soczewicy jadalnej. Mimo to korzystniejszy wskaźnik efektywności energetycznej uzyskano w technologii średnionakładowej w odmianie Anita. Borówczak i Grześ [2005] oraz Księżak i Kuś [2005] wskazują, iż większe nakłady ponoszone w technologii wysokonakładowej były mniej efektywne wobec technologii umiarkowanie oszczędnej. Podobne wnioski sformułowali Szwejkowska i Bielski [2007], którzy najniższy wskaźnik efektywności energetycznej odnotowali w technologii z najwyższymi nakładami.

WNIOSKI

1. Największy zysk energii skumulowanej produkcji nasion soczewicy odmiany Anita i Tina odnotowano w technologii wysokonakładowej.
2. Największą efektywność energetyczną produkcji soczewicy jadalnej odmiany Tina uzyskano w technologii wysokonakładowej, zaś odmiany Anita w technologii średnionakładowej.
3. W strukturze nakładów energetycznych największy udział miało nawożenie mineralne (32,5–56%) oraz materiał siewny i siew (21,1–37,8%).

PIŚMIENNICTWO

- Anuszewski R., 1987. Metoda oceny energochłonności produktów rolniczych (MET). Zag. Ekon. Rol., 4, 16–26.
- Artyszak A., Kucińska K., 2005. Zmiany nadwyżki bezpośredniej w produkcji fasoli na suche nasiona po rozszerzeniu Unii Europejskiej. Stow. Ekonom. Rol. i Agrobiznesu. Roczn. Nauk. SERiA 7(1), 7–9.
- Borówczak F., Grześ S., 2005. Produkcyjne i ekonomiczne efekty różnej intensywności uprawy grochu siewnego. Mat. Konf. „Efektywne i bezpieczne technologie produkcji roślinnej”, IUNG Puławy, 151–152.
- Bujak K., Frant M., Harasim E., 2010. Efektywność energetyczna produkcji roślinnej w płodozmianie 4-polowym w zależności od uproszczeń w uprawie roli i poziomu nawożenia mineralnego. Acta Agrophysica, 15(1), 23–31.
- Dobek T., 2006. Efektywność ekonomiczna i energetyczna technologii produkcji soi w warunkach Polski. Inż. Rol., 12, 109–116.

- Dobek T., Dobek M., Wojciechowska J., 2009. Ekonomiczne i energetyczne aspekty produkcji soi w warunkach polskiego rolnictwa. *Inż. Rol.*, 6, 37–43.
- Klepacki B., 1990. Organizacyjne i ekonomiczne uwarunkowania postępu technologicznego w gospodarstwach indywidualnych. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Kopeć B., 1987. Intensywność organizacji w rolnictwie polskim w latach 1960–1980. *Rocz. Nauk. Rol.*, 84(1), 7–28.
- Księżak J., Kuś J., 2005. Plonowanie bobiku w różnych systemach produkcji roślinnej. *Annales UMCS, Sec. E, Agricultura*, 40, 195–204.
- Księżak J., Lenartowicz W., Ufnowska J., 1998. Efektywność ekonomiczna wybranych technologii produkcji nasion grochu. *Rocz. AR Poznań, Rolnictwo*, 52, 5–11.
- Nalborczyk E., 1993. Biologiczne uwarunkowania produktywności roślin strączkowych. *Fragm. Agron.*, 4, 147–150.
- Prusiński J., 2006. Plonowanie fasoli zwykłej (*Phaseolus vulgaris* L.) w zależności od intensywności technologii uprawy. Cz. II. Rolnicza i ekonomiczna ocena zastosowanych technologii. *Acta Sci. Pol., Agricultura*. 5(2), 77–88.
- Szwejkowska B., 2004. Wpływ sposobu uprawy na plonowanie grochu siewnego. *Fragm. Agron.*, 3, 120–126.
- Szwejkowska B., Bielski S., 2007. Comparison of energetical and economical effectiveness of different technologies of pea production. *Pol. J. Natur. Sci.*, (3), 373–382.
- Szwejkowska B., Bielski S., 2010. Ocena energetyczna produkcji nasion grochu pastewnego (*Pisum sativum* L.). *Annales UMCS, Sec. E, Agricultura*, 4, 50–56.
- Wielicki W., 1989. Analiza efektywności energetycznej w rolnictwie. *Post. Nauk Rol.*, 1, 69–86.
- Wójcicki Z., 1983. Problemy materiałochłonności produkcji rolniczej. *Rocz. Nauk Rol.*, 2, 41–59.
- Zaremba W., 1986. Energetyka w systemie eksploatacji sprzętu rolniczego. PWRiL, Warszawa.

Summary. The investigations were carried out comparing different production technologies of the seeds of two edible lentil varieties, Tina and Anita. It was found out that the production technology level had a significant influence on the yield as well the energetic value of the yield. The highest index of energy efficiency in Tina cultivar was obtained in the technology where there was the highest energy input whereas in the case of Anita it was the technology where there was a middle energy input.

Key words: edible lentil, production technology, energy efficiency