

COMPARISON OF ENERGY CONSUMPTION AT SELECTED PLANT SPECIES CULTIVATION IN ORGANIC AND CONVENTIONAL FARMING

In organic cultivation of potatoes, rye and buckwheat expenditure of energy was higher of 21.4% for crop production. At the crop rotation: potatoes-rye-buckwheat, organic farming of rye was most effective from the point of view of energy in comparison with conventional production. Definitely inefficient – buckwheat. 17.3% less of energy were used in organic cultivation of rye to produce unit yield than in conventional systems. The cultivation of buckwheat, uses 75% of energy more. Analysis of energy consumption efficiency in crop production in organic farming, should not be limited to a single crop.

PORÓWNANIE ENERGOCHŁONNOŚCI UPRAWY WYBRANYCH GATUNKÓW ROŚLIN TOWAROWYCH W GOSPODARSTWIE EKOLOGICZNYM I KONWENCJONALNYM

Streszczenie

Badania zostały zrealizowane w latach 2002-2004. Przeprowadzono je na terenie województwa zachodniopomorskiego, w dwóch systemach produkcji: ekologicznym i konwencjonalnym. W ekologicznej uprawie ziemniaków, żyta i gryki poniesiono średnio o 21,4% większe nakłady energetyczne na wytworzenie plonu. W członie zmianowania ziemniaki – żyto – gryka, efektywniejsza energetycznie, w porównaniu z produkcją konwencjonalną, była ekologiczna uprawa żyta, zdecydowanie nieefektywna – gryki. Na wytworzenie jednostki plonu w ekologicznej uprawie żyta zużyto o 17,3% mniej energii niż w systemie konwencjonalnym, na uprawę gryki o 75% energii więcej. Analizy efektywności energetycznej produkcji roślinnej, w systemie rolnictwa ekologicznego, nie powinny ograniczać się do pojedynczych upraw. Należy prowadzić je kompleksowo, najlepiej w ogniach lub członach zmianowania.

1. Wstęp

Zasadniczymi cechami racjonalnej działalności gospodarczej jest oszczędne i wydajne wykorzystanie zasobów pracy ludzkiej i środków produkcji. Zdaniem wielu autorów, produkcja roślinna w systemie rolnictwa ekologicznego, charakteryzuje się mniejszym zużyciem energii niż w systemie konwencjonalnym [5, 7, 8, 9]. Jednak jak wskazują badania Daugaarda [1], ze względu na niższe plony roślin uprawnych, w systemie rolnictwa ekologicznego, efektywność energetyczna jest zbliżona do osiągniętej w systemie konwencjonalnym. Jak wynika z raportu Fostera i wsp. [2], w systemie rolnictwa ekologicznego wskaźnik efektywności energetycznej w uprawach roślinnych może mieć także wartość mniejszą niż 1 (kształtować się poniżej progu efektywności energetycznej). Również Hill [2009] wskazuje, że rolnictwo ekologiczne nie zawsze zużywa mniej energii niż konwencjonalne - wszystko zależy od zastosowanej technologii.

Według Szeptyckiego i Wójcickiego [13] na efektywność nakładów energetycznych w rolnictwie wpływ wywiera m.in.: rodzaj produkcji i jej intensywność, poziom mechanizacji, zastosowana technologia oraz organizacja produkcji. Efektywność technologii należałoby rozpatrywać w ogniu zmianowania, co ma szczególne znaczenie w systemie rolnictwa ekologicznego, gdyż efekt nawożenia organicznego i stosowanych zabiegów agrotechnicznych rozkłada się na kilka lat. Nie można się przy tym ograniczać do analizy efektywności poszczególnych zbiorów, lecz należy ją rozpatrywać kompleksowo w skali całego procesu produkcji.

Celem przeprowadzonych badań, była analiza i ocena porównawcza energochłonności uprawy wybranych gatun-

ków roślin towarowych w członie zmianowania (ziemniaki wczesne-żyto ozime-gryka) w ekologicznym i konwencjonalnym systemie produkcji rolniczej.

2. Warunki i metodyka badań

Badania przeprowadzono w latach 2002-2004 w jednym gospodarstwie ekologicznym i dwóch konwencjonalnych, położonych w województwie zachodniopomorskim. Ze względu na brak możliwości doboru jednego gospodarstwa konwencjonalnego, w którym uprawiane by były wszystkie analizowane gatunki roślin, dobrano dwa sąsiadujące ze sobą gospodarstwa o zbliżonych uwarunkowaniach przyrodniczo - produkcyjnych. W gospodarstwie ekologicznym o powierzchni 64 ha gruntów ornych, ziemniaki wczesne odmiany Aster uprawiano w latach badań na powierzchni 2-5 ha, żyto odmiany Dańkowskie Żłote na areale 15-20 ha, zaś grykę odmiany Kora na powierzchni 7-11 ha. W gospodarstwie konwencjonalnym, o obszarze 280 ha gruntów ornych, żyto odmiany Warko uprawiano w latach 2002-2004 na areale 150 – 180 ha a grykę na powierzchni 30-70 ha. Ziemniaki wczesnej odmiany Vineta, uprawiano na areale od 7 do 8 hektarów w gospodarstwie konwencjonalnym o powierzchni 60 ha gruntów ornych. W gospodarstwach, w których prowadzono badania dominowały gleby IV – V klasy bonitacyjnej. Zarówno w gospodarstwie ekologicznym jak i w gospodarstwach konwencjonalnych stosowano orkowy system uprawy gleby. W gospodarstwie ekologicznym do nawożenia wykorzystywano obornik, gnojówkę, nawozy zielone oraz mączkę bazaltową. W gospodarstwach konwencjonalnych stosowano syntetyczne nawozy mineralne, wykorzystywano również nawozy zielone. Pielęgnację roślin w gospodarstwie ekologicznym wykonywano

w sposób mechaniczny, a przeciwko stonco stosowano biopreparat Novodor. W gospodarstwach konwencjonalnych stosowano mechaniczno – chemiczny system pielęgnacji i ochrony. Zbiór plonu we wszystkich gospodarstwach wykonywano kombajnami. W analizowanych gospodarstwach produkcja gryki, żyta oraz ziemniaków miała charakter towarowy.

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 według zależności:

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

Strukturę energochłonności skumulowanej przedstawiono oddzielnie dla wyodrębnionych strumieni energetycznych oraz dla zabiegów agrotechnicznych wykonywanych w realizowanych technologiach. Energochłonność materiałów (sadzeniaków, nasion gorczycy, nawozów, środków ochrony roślin) oraz wartość energetyczną plonu określono w megadžulach (MJ) w oparciu o wskaźniki energochłonności jednostkowej [14]. Wskaźnik efektywności energetycznej (E_{ee}) obliczono z relacji pomiędzy wartością energetyczną plonu (P_e w $GJ \cdot ha^{-1}$) a nakładami energetycznymi poniesionymi na jego wytworzenie (N_e w $GJ \cdot ha^{-1}$). Wartość tą wyrażono zależnością:

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

Zebrane wyniki przedstawiono jako średnie z 3 lat i sprowadzono do powierzchni 1 ha. Przy ocenie produktywności analizowanych systemów, plony roślin przeliczono na jednostki zbożowe (1 t żyta i gryki - 10 j.z., ziemniaków – 2,5 j.z.) [4].

3. Wyniki i dyskusja

W gospodarstwie ekologicznym, w porównaniu z konwencjonalnymi, analizowane gatunki roślin cechowały się niższą produktywnością. Uzyskane plony ($t \cdot ha^{-1}$) ziemniaków były niższe średnio o 43,0%, żyta o 26,7% a gryki o 21,4%. Aby można było łącznie ocenić produktywność całego członu zmianowania, plony przeliczono na umowne jednostki zbożowe (j.z). Jak wynika z danych, przedstawionych w tab. 1, w systemie ekologicznym łączna produktywność analizowanych gatunków roślin, wyniosła 83,8 jednostki zbożowe na 1 ha i była o 37,2% niższa w stosunku do systemu konwencjonalnego.

Tab. 1. Plonowanie roślin w dwóch systemach gospodarowania. Średnie z lat 2002-2004

Table 1. Yielding crops in two systems of farming. The average of the years 2002-2004

Uprawiany gatunek	Konwencjonalny		Ekologiczny	
	$t \cdot ha^{-1}$	$j.z. \cdot ha^{-1}$	$t \cdot ha^{-1}$	$j.z. \cdot ha^{-1}$
Ziemniaki	35,6	89,5	20,3	50,8
Żyto	3,0	30,0	2,2	22,0
Gryka	1,4	14,0	1,1	11,0
Razem	-	133,5	-	83,8
Różnica (%) konwencjonalny = 100	-	100	-	62,8

Gospodarstwa ekologiczne, w porównaniu z konwencjonalnymi, mogą się różnić między innymi: organizacją, technologią i intensywnością produkcji, poziomem mechanizacji oraz, co wykazano powyżej, wielkością uzyskanej produkcji. W analizie efektywności ich gospodarowania zazwyczaj posługujemy się miernikiem pieniężnym. Często jednak zmiany cen i relacji między nimi powodują, że wyniki takich analiz szybko się dezaktualizują. W tej sytuacji do oceny nakładów jak i efektów produkcji można posłużyć się miernikiem energetycznym [6].

W gospodarstwie ekologicznym łączne nakłady energii skumulowanej, poniesione na uprawę analizowanych gatunków roślin wyniosły $49247,2 MJ \cdot ha^{-1}$ i były o 23,8% niższe niż w gospodarstwach konwencjonalnych (tab. 2). Uprawy ekologicznych ziemniaków i żyta były wyraźnie mniej energochłonne, w stosunku do konwencjonalnych, co wynika głównie z poniesionych mniejszych nakładów materiałowych. W uprawie gryki stosowanie w gospodarstwie ekologicznym nawozów zielonych oraz obornika, zwiększyło ogólne nakłady energii skumulowanej, w efekcie czego były one o 37,5% wyższe niż w porównywanym systemie konwencjonalnym. Poziom i strukturę tych nakładów szczegółowo przedstawiono we wcześniejszych opracowaniach autora [10, 11, 12].

Tab. 2. Energochłonność uprawy roślin w dwóch systemach gospodarowania ($MJ \cdot ha^{-1}$). Średnie z lat 2002-2004

Table 2. Energy consumption of cultivation in the two types of farming ($MJ \cdot ha^{-1}$). The average of the years 2002-2004

Uprawiany gatunek	Konwencjonalny	Ekologiczny	Różnica (%) Konwencjonalny = 100
Ziemniaki	39442,3	27294,5	69,2
Żyto	16480,4	9999,9	60,7
Gryka	8693,3	11952,8	137,5
Razem	64616,0	49247,2	76,2

Odnosząc nakłady energetyczne poniesione na uprawę ziemniaków, żyta i gryki do ich produktywności wyrażonej w jednostkach zbożowych ($MJ/j.z. \cdot ha^{-1}$) stwierdzono, że w systemie ekologicznym są one przeciętnie o 21,4% wyższe niż w systemie konwencjonalnym. Na wyprodukowanie jednej jednostki zbożowej gryki w systemie ekologicznym trzeba było zużyć o 75% więcej energii niż w systemie konwencjonalnym, przy uprawie ziemniaków nakłady te były wyższe o blisko 22%. Jedynie w uprawie żyta, na uzyskanie jednostki zbożowej poniesiono mniejsze nakłady energii (o 17,3%), niż w systemie konwencjonalny (tab. 3).

Tab. 3. Energochłonność uprawy roślin w dwóch systemach gospodarowania ($MJ/j.z. \cdot ha^{-1}$). Średnie z lat 2002-2004

Table 3. Energy consumption of cultivation in two systems of farming ($MJ/crop unit \cdot ha^{-1}$). The average of the years 2002-2004

Uprawiany gatunek	Konwencjonalny	Ekologiczny	Różnica (%) Konwencjonalny = 100
	$MJ/j.z. \cdot ha^{-1}$	$MJ/j.z. \cdot ha^{-1}$	
Ziemniaki	440,7	537,3	121,9
Żyto	549,3	454,5	82,7
Gryka	620,9	1086,6	175,0
Średnio	484,0	587,7	121,4

Tab. 4. Wartość energetyczna plonu w dwóch systemach gospodarowania. Średnie z lat 2002-2004
 Table 4. Energetic value of yield in two systems of farming. The average of the years 2002-2004

Wyszczególnienie	Jednostka	Konwencjonalny			Ekologiczny		
		gryka	żyto	ziemniaki	gryka	żyto	ziemniaki
Nakłady energii	GJ•ha ⁻¹	8,7	16,5	39,4	11,9	1,0	27,3
Wartość energetyczna plonu	GJ•ha ⁻¹	12,6	27,0	89,0	9,9	23,1	50,8
Wskaźnik efektywności energetycznej	l. nm.	1,5	1,6	2,2	0,8	2,3	1,9

O niskiej efektywności energetycznej ekologicznej uprawy ziemniaków i gryki świadczy również stosunek wartości energetycznej ich plonu, do nakładów poniesionych na jego uzyskanie. Przy uprawie gryki, nie tylko był on mniej korzystny niż w uprawie konwencjonalnej, ale osiągnął przy tym wartość mniejszą niż 1, co świadczy o większych nakładach energetycznych poniesionych na wyprodukowanie jednostki plonu niż jego wartość energetyczna. W ekologicznej uprawie ziemniaków wartość wskaźnika efektywności energetycznej wyniosła 1,9 ale była przy tym również niższa niż w systemie konwencjonalnym. Jedynie ekologiczna uprawa żyta cechowała się wyższą, w stosunku do uprawy konwencjonalnej, wartością wskaźnika efektywności energetycznej (tab. 4). Uzyskane wyniki potwierdzają tezy Dalgaard [1] i Hilla [3], że ze względu na niższe plony roślin uprawnych i stosowanie odmiennych technologii produkcji, w systemie rolnictwa ekologicznego efektywność energetyczna upraw rolniczych może być zbliżona lub mniejsza do osiąganą w systemie konwencjonalnym.

4. Wnioski

1. W ekologicznej uprawie ziemniaków, żyta i gryki poniesiono średnio o 21,4% większe nakłady energetyczne na wytworzenie jednostki zbożowej.
2. W członie zmianowania ziemniaki – żyto - gryka, efektywniejsza energetycznie, w porównaniu z produkcją konwencjonalną, była tylko ekologiczna uprawa żyta, zdecydowanie nieefektywna – gryki.
3. Na wytworzenie jednostki plonu w ekologicznej uprawie żyta zużyto o 17,3% mniej energii niż w systemie konwencjonalnym, na uprawę gryki o 75% energii więcej.
4. Analizy efektywności energetycznej produkcji roślinnej, w systemie rolnictwa ekologicznego, nie powinny ograniczać się do pojedynczych upraw. Należy prowadzić je kompleksowo, najlepiej w ogniach lub członach zmianowania.

5. Literatura

- [1] Dalgaard T.: 'On-farm fossil energy use', Ecology and Farming, 2003, 32, 9, IFOAM.
- [2] Foster C., Green K., Bleda M., Dewick P. Evans B., Flynn A., Mylan J.: Environmental Impacts of Food Production and Consumption: A report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs. Manchester Business School. Defra, London, 2006.
- [3] Hill H.: Comparing Energy Use in Conventional and Organic Cropping Systems. ATTRA-Sustainable Agriculture Information Service, 1-8, 2009.
- [4] Katalog norm i normatywów. Wydanie III, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 1999.
- [5] Lötjönen T.: Machine work and energy consumption in organic farming. Ecology and Farming, 2003, 32, 7-8, IFOAM.
- [6] Pawlak J. Organizacyjne i ekonomiczne aspekty mechanizacji produkcji roślinnej w indywidualnych gospodarstwach rolniczych. IBMER, Warszawa, 1989.
- [7] 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.
- [8] Petersen C, Drinkwater LE and Wagoner P.: The Rodale Institute Farming Systems Trial: The First 15 Years, The Rodale Institute, 1999.
- [9] Reganold JP, Glover JD, Andrews PK and Hinman JR.: 'Sustainability of three apple production systems', Nature, 410, 926-930, 2001.
- [10] Sławiński K., Grieger A., Sadowski W.: Porównanie energochłonności uprawy żyta w gospodarstwie konwencjonalnym i ekologicznym. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2008, Vol. 53(4), s. 71-73.
- [11] Sławiński K., Grieger A., Sadowski W.: Energetyczna ocena konwencjonalnej i ekologicznej technologii uprawy gryki. Inżynieria Rolnicza, Rok XIII, nr 1(110), s. 297-302, Kraków, ISSN 1429-7264. 2009.
- [12] Sławiński K., Sadowski W.: Energetyczna ocena uprawy ziemniaka w gospodarstwie ekologicznym i konwencjonalnym. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2009, Vol. 54(4), s. 103-105.
- [13] Szeptycki A., Wójcicki Z.: Postęp technologiczny i nakłady energetyczne do 2020 r., IBMER, Warszawa, 2003, s. 14-20.
- [14] Wójcicki Z.: Wyposażenie techniczne i nakłady materiałowo – energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. IBMER, Warszawa, 2000, s. 111-131.