

## EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA PRODUKCJI JĘCZMIENIA JAREGO W PŁODOZMIANIE I MONOKULTURZE

*Cezary Kwiatkowski, Elżbieta Harasim*

Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy  
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin  
e-mail: czarkw@poczta.onet.pl

**Streszczenie.** Doświadczenie polowe prowadzono w latach 2001-2006 w GD Czesławice (środkowa Lubelszczyzna) na glebie płowej wytworzonej z lessu (II klasa bonitacyjna). W badaniach uwzględniono nagoziarnistą formę jęczmienia jarego uprawianego w płodozmianie i 6-letniej monokulturze. W obu systemach następstwa roślin zastosowano ekstensywną i intensywną pielęgnację zasiewów. Czynnikiem regenerującym stanowisko w monokulturze była dodatkowo uprawa międzyplonów ścierniskowych (gorczyca biała, wyka jara + peluszką) oraz wsiewki poplonowej (życica westerwoldzka), których biomasa po uprzednim skoszeniu przyorywano na jesieni. Analizowano wpływ poszczególnych sposobów regeneracji stanowiska w monokulturze na efektywność energetyczną uprawy jęczmienia jarego, konfrontując wyniki z monokulturą bez międzyplonu oraz z płodozmianem. Udowodniono, że intensywna pielęgnacja oraz wysiew międzyplonów w monokulturze jęczmienia jarego miały pozytywne oddziaływanie na plonowanie zboża, ale powodowały pogorszenie wskaźnika efektywności energetycznej. Wynikało to z większej pracochłonności i nakładów siły pociągowej stosowanych w takich technologiach. Najlepsze efekty energetyczne gwarantowała uprawa jęczmienia w płodozmianie pielęgnowanym ekstensywnie.

**Słowa kluczowe:** jęczmień jary, monokultura, płodozmian, sposób pielęgnacji, międzyplony, efektywność energetyczna

### WSTĘP

Ocena produkcji roślinnej bywa ograniczana do kryteriów produkcyjno-ekonomicznych. Podstawę do wyboru rozwiązań najbardziej racjonalnych dają jednak analizy energetyczne. Z powodu częstych zmian cen, a głównie relacji między cenami środków produkcji i cenami ziemiopłodów wyniki analiz w mierniku pieniężnym szybko się dezaktualizują i zmieniają w czasie. W tej sytuacji za bardziej obiektywny miernik nakładów i efektów produkcji uznaje się wskaźnik

energochłonności produkcji. Niektóre badania (Kuś i in. 1988, 1992, Harasim i Bochniarz 1991) wskazują, że najniższe nakłady energii ponosi się na uprawę roślin pastewnych na zielonkę (lucerna, koniczyna, kukurydza) oraz zbóż na ziarno, a najwyższe na uprawę roślin okopowych. Zdaniem Harasima (1999) w ocenie ekonomicznej i energetycznej zarówno w odniesieniu do jednostki powierzchni, jak i jednostki zbożowej plonu głównego, najkorzystniej wypada zmianowanie ze zwiększonym udziałem zbóż do 75%. Podobne efekty uzyskuje się w wielogatunkowej monokulturze zbożowej, w której produkcja jest jednak najbardziej energochłonna.

Ocenę energetyczną stosuje się jako jedno z kryteriów waloryzacji specjalistycznych płodozmianów (Harasim 2002). Analiza energetyczna jest wykorzystywana również w ocenie efektywności produkcji wybranych ziemiopłodów i poszczególnych zabiegów agrotechnicznych. Porównuje się wówczas stosunek energii zawartej w uzyskanych produktach do poniesionych nakładów energii w postaci paliwa, nawozów, nasion, środków ochrony roślin, maszyn i urządzeń oraz pracy żywej (Anuszewski 1987, Gawęda i in. 2006, Harasim 2006). Wskaźnik efektywności energetycznej jest wyraźnie uzależniony od wielkości uzyskanego plonu (Wielicki 1990). Zaletą rachunku energetycznego jest możliwość porównywania wyników w czasie, niezależnie od relacji cen, a także stosowania go do ocen kompleksowych gospodarstw rolnych i rolnictwa (Wójcicki 1981, Wielicki 1989, 1990, Harasim i in. 2007).

Celem prowadzonych badań była ocena wpływu intensywnej i ekstensywnej pielęgnacji oraz przyorywanej biomasy międzyplonów, na efektywność energetyczną produkcji jęczmienia jarego nagoziarnistego wysiewanego w płodozmianie i monokulturze.

#### MATERIAŁ I METODY

Wyniki zamieszczone w pracy zebrano w latach 2002-2006 z doświadczenia założonego w 2001 roku. Eksperyment polowy zlokalizowano w Gospodarstwie Doświadczalnym Czesławice, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Prowadzono go metodą split-plot, w trzech powtórzeniach, na poletkach do siewu i zbioru o wielkości 27 m<sup>2</sup>. Gleba pod doświadczeniem należała do II klasy bonitacyjnej. W badaniach zastosowano nagoziarnistą formę jęczmienia (odmiana Rastik). Jęczmień uprawiano w płodozmianie (ziemniak<sup>xx</sup> – jęczmień jary – bobik – pszenica ozima) i 6-letniej monokulturze. Drugi czynnik eksperymentu obejmował sposoby pielęgnacji: a) intensywny (mechaniczne zwalczanie chwastów – bronowanie, zaprawianie ziarna – Raxil 060 FS, stosowanie herbicydów (Chwastox Turbo 340 SL i Puma Uniwersal 069 EW), fungicydów (Alert 375 SC i Tilt

Plus 400 EC), insektycydu (Decis 0,25 EC) oraz retardanta (Flordimex 420 SL); b) ekstensywny (mechaniczne zwalczanie chwastów, bez stosowania środków ochrony roślin, z wyjątkiem zaprawy nasiennej Raxil). Trzeci czynnik stanowiły obiekty monokultury pielęgnowanej intensywnie z dodatkową uprawą międzyplonów na przyoranie: A – obiekt kontrolny (bez międzyplonu), B – międzyplon ścierniskowy (gorczyca biała), C – międzyplon ścierniskowy (wyka jara + peluszką), D – wsiewka poplonowa (życica westerwoldzka). Uprawę roli pod jęczmień prowadzono w sposób typowy. Nawożenie mineralne (NPK) we wszystkich obiektach stosowano w całości przedsięwzięcia, w ilości: N – 60, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 70, K<sub>2</sub>O – 90 kg·ha<sup>-1</sup>. Na obiektach z uprawą międzyplonów stosowano dodatkowo nawożenie azotowe: N – 40 (gorczyca biała), 20 (wyka jara + peluszką), 40 (życica) kg·ha<sup>-1</sup>. Norma wysiewu jęczmienia jarego wynosiła 300 nasion na 1 m<sup>2</sup> (140 kg·ha<sup>-1</sup>), zaś międzyplonów odpowiednio: gorczyca biała – 20, życica westerwoldzka – 20, wyka jara + peluszką – 40 + 60 kg·ha<sup>-1</sup>. Środki ochrony roślin aplikowano w terminach i dawkach zgodnie z zaleceniami Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu.

Końcowym etapem analizy produktywności jęczmienia jarego była ocena energetyczna poszczególnych systemów następstwa roślin i metod regeneracji stanowiska. Syntetycznym wskaźnikiem efektywności energetycznej produkcji roślinnej jest stosunek energii zawartej w plonach do poniesionych nakładów energetycznych. Obliczamy go według wzoru:

$$Ee = \frac{Pe}{Ne} \quad (1)$$

gdzie:  $Ee$  – wskaźnik efektywności energetycznej,  $Pe$  – wartość energetyczna plonu uzyskanego z 1 ha (MJ),  $Ne$  – wielkość nakładów energetycznych poniesionych na uzyskanie produkcji (plonu) z 1 ha (MJ).

W nakładach energetycznych uwzględniano cztery strumienie energii:

- bezpośrednie nośniki energii (paliwo, smary, energia elektryczna),
- surowce i materiały (nawozy, nasiona, środki ochrony roślin),
- środki inwestycyjne (zużycie maszyn i narzędzi w czasie eksploatacji oraz części zamienne i maszyny do napraw),
- nakłady pracy ludzkiej.

W ocenie energetycznej uwzględniono plony ziarna (średnie z lat 2002-2006), których wartość energetyczną określono według metodyki zalecanej przez FAO (Wielicki 1990). W metodzie tej przyjmuje się, że 1 kg suchej masy plonu głównego (ziarna) ma wartość 18,36 MJ. Natomiast wielkość nakładów pracy (robocizny i siły pociągowej) ustalono na podstawie zastosowanej w doświadczeniach agrotechniki uwzględniając dobór maszyn i rodzaje zabiegów, przy wykorzysta-

niu dostępnych normatywów (Praca zbiorowa 1999). Dla ciągników i maszyn rolniczych przyjęto 15-letni okres użytkowania. Nakłady środków produkcji (maszyny, paliwo, nasiona, środki ochrony roślin) faktycznie zużytych i ustalone nakłady pracy ludzkiej przeliczano na MJ. W tym celu wykorzystano odpowiednie wskaźniki energochłonności, stosowane w rachunku energetycznym produkcji roślinnej (Wójcicki 1981, Anuszewski 1987, Harasim 2002, 2006). Nakłady związane ze zużyciem nośników energii obliczono stosując następujące współczynniki:

- nawozy mineralne:
 

azotowe (N)	70 MJ·kg <sup>-1</sup> ,
fosforowe (P)	14 MJ·kg <sup>-1</sup> ,
potasowe (K)	10 MJ·kg <sup>-1</sup> ,
- nasiona zbóż i strączkowych 7,5 MJ·kg<sup>-1</sup>,
- nasiona traw i roślin drobnonasiennych 30 MJ·kg<sup>-1</sup>,
- środki ochrony roślin (substancja aktywna) 300 MJ·kg<sup>-1</sup>,
- olej napędowy 48 MJ·kg<sup>-1</sup>,
- zużycie ciągników i maszyn rolniczych 112 MJ·kg<sup>-1</sup>,
- części zamienne 80 MJ·kg<sup>-1</sup>,
- materiały do napraw 30 MJ·kg<sup>-1</sup>,
- smary 22 MJ·kg<sup>-1</sup>,
- praca ludzka 40 MJ·kg<sup>-1</sup>.

Wielkość jednostkowych nakładów energetycznych skumulowanych w ciągnikach i maszynach rolniczych odniesiono do 1 kg ich masy, a sposób obliczenia zużycia w czasie eksploatacji był analogiczny jak przy ustalaniu kosztów amortyzacji. Masę maszyn ustalono korzystając z katalogu (Gromadzki 2007). Najpierw określono wykorzystanie i umowne zużycie maszyn (w kg·h<sup>-1</sup> ich pracy), a następnie przeliczono je na MJ. Przy obliczeniach efektywności energetycznej postępowano zgodnie z metodyką podaną w pracach Harasima (2002, 2006).

## WYNIKI I DYSKUSJA

Pracochłonność produkcji jęczmienia jarego zależała bardziej od sposobu pielęgnacji zasiewów i regeneracji stanowiska niż następstwa roślin (tab. 1). W warunkach intensywnej pielęgnacji zasiewów jęczmienia nakłady robocizny były wyższe średnio o 25% od ponoszonych przy stosowaniu pielęgnacji ekstensywnej, zaś nakłady siły pociągowej były wyższe odpowiednio o 32% (tab. 2). Uprawa międzyplonów ścierniskowych w monokulturze jęczmienia (obiekty B i C) była bardziej pracochłonna niż na obiekcie D z wsiewką poplonową (tab. 1). Analogicznie jak nakłady siły pociągowej kształtowało się zużycie paliwa (tab. 3).

**Tabela 1.** Nakłady robocizny ponoszone na produkcję jęczmienia jarego (rbh·ha<sup>-1</sup>) – średnio z lat 2002-2006**Table 1.** Labour inputs in spring barley production (man-hours ha<sup>-1</sup>) – mean from 2002-2006

Wyszczególnienie – Specification			
Następstwo roślin Crop sequence	Sposób pielęgnacji – Protection method		Średnio Mean
Płodozmian Crop rotation	ekstensywny – extensive	22,5	25,0
	intensywny – intensive	27,6	
Monokultura Monoculture	ekstensywny – extensive	22,3	25,1
	intensywny – intensive	28,0	
Średnio – Mean			25,1
Miedzyplony w monokulturze – Intercrops in monoculture			
A – bez międzyplonu – without intercrop			28,0
B – gorczyca biała – white mustard			33,8
C – wyka jara + peluszka – spring vetch + field pea			31,9
D – życica westerwoldzka (rajgras) – rye grass			25,3
Średnio dla międzyplonów – Mean for intercrops			29,3

**Tabela 2.** Nakłady siły pociągowej ponoszone na produkcję jęczmienia jarego (cnh·ha<sup>-1</sup>) – średnio z lat 2002-2006**Table 2.** Drawbar pull in spring barley production (tractor-hours ha<sup>-1</sup>) – mean from 2002-2006

Wyszczególnienie – Specification			
Następstwo roślin Crop sequence	Sposób pielęgnacji – Protection method		Średnio Mean
Płodozmian Crop rotation	ekstensywny – extensive	14,3	16,5
	intensywny – intensive	18,8	
Monokultura Monoculture	ekstensywny – extensive	15,3	17,6
	intensywny – intensive	20,0	
Średnio – Mean			17,1
Miedzyplony w monokulturze – Intercrops in monoculture			
A – bez międzyplonu – without intercrop			28,0
B – gorczyca biała – white mustard			33,8
C – wyka jara + peluszka – spring vetch + field pea			31,9
D – życica westerwoldzka (rajgras) – rye grass			25,3
Średnio dla międzyplonów – Mean for intercrops			29,3

**Tabela 3.** Zużycie paliwa ( $l \cdot ha^{-1}$ ) przez ciągniki i kombajn zbożowy w produkcji jęczmienia jarego – średnio z lat 2002-2006)

**Table 3.** Fuel consumption ( $l \cdot ha^{-1}$ ) by tractors and combine-harvester in spring barley production – mean from 2002-2006

Wyszczególnienie – Specification		
Następstwo roślin Crop sequence	Sposób pielęgnacji – Protection method	Średnio Mean
Płodozmian Crop rotation	ekstensywny – extensive	105,0
	intensywny – intensive	134,4
Monokultura Monoculture	ekstensywny – extensive	106,2
	intensywny – intensive	136,8
Średnio – Mean		120,6
Międzyplony w monokulturze – Intercrops in monoculture		
A – bez międzyplonu – without intercrop		136,8
B – gorczyca biała – white mustard		163,2
C – wyka jara + peluszka – spring vetch + field pea		153,6
D – życica westerwoldzka (rajgras) – rye grass		118,8
Średnio dla międzyplonów – Mean for intercrops		141,3

Wartość energetyczna produkcji jest pochodną wielkości plonów ziarna jęczmienia jarego (tab. 4). Zróżnicowanie wartości energetycznej przedstawiono w tabeli 5. Z zestawienia wynika, że największy plon ziarna gwarantowała uprawa jęczmienia w płodozmianie pielęgnowanym intensywnie, zaś najmniejszy plon stwierdzono w monokulturze chronionej ekstensywnie. Pozytywny wpływ na zwyczaję plonów jęczmienia miały także międzyplony, zwłaszcza gorczyca biała. Nakłady energetyczne ponoszone w procesie produkcji wykazywały podobną kierunkową zależność od badanych czynników, jak nakłady pracy (robocizny i siły pociągowej) oraz zużycie paliwa. Uintensywnienie pielęgnacji powodowało wzrost o 19% nakładów energetycznych, niezależnie od następstwa roślin (tab. 6). Najbardziej energochłonna okazała się uprawa jęczmienia w monokulturze z zasiewem gorczycy białej jako międzyplonem ścierniskowym (tab. 6). Nakłady energetyczne ponoszone na produkcję jęczmienia w monokulturze na obiektach z międzyplonami ścierniskowymi i wsiewką poplonową były wyższe niż w warunkach płodozmianu i „czystej monokultury”, głównie z powodu większego zużycia nawozów i nasion oraz dodatkowych zabiegów związanych z uprawą roli i siewem międzyplonów. W strukturze nakładów energetycznych dominowały nawozy mineralne i paliwo (tab. 7 i 8). W przypadku ekstensywnej pielęgnacji zasiewów jęczmienia udział środków ochrony roślin w nakładach energetycznych był znikomy (tab. 7).

**Tabela 4.** Plon ziarna jęczmienia jarego ( $t \cdot ha^{-1}$ ) – średnio z lat 2002 -2006**Table 4.** Grain yield of spring barley ( $t \cdot ha^{-1}$ ) – mean from 2002-2006

Wyszczególnienie – Specification			
Następstwo roślin Crop sequence	Sposób pielęgnacji – Protection method		Średnio Mean
Płodozmian Crop rotation	ekstensywny – extensive	4,47	4,71
	intensywny – intensive	4,96	
Monokultura Monoculture	ekstensywny – extensive	3,41	3,71
	intensywny – intensive	4,01	
Średnio – Mean			4,21
Miedzyplony w monokulturze – Intercrops in monoculture			
A – bez międzyplonu – without intercrop			4,05
B – gorczyca biała – white mustard			4,64
C – wyka jara + peluszka – spring vetch + field pea			4,43
D – życica westerwoldzka (rajgras) – rye grass			4,22
Średnio dla międzyplonów – Mean for intercrops			4,46

**Tabela 5.** Wartość energetyczna ( $GJ \cdot ha^{-1}$ ) plonu ziarna jęczmienia jarego – średnio z lat 2002-2006**Table 5.** Energy value ( $GJ \cdot ha^{-1}$ ) of grain yield of spring barley – mean from 2002-2006

Wyszczególnienie – Specification			
Następstwo roślin Crop sequence	Sposób pielęgnacji – Protection method		Średnio Mean
Płodozmian Crop rotation	ekstensywny – extensive	69,8	73,6
	intensywny – intensive	77,4	
Monokultura Monoculture	ekstensywny – extensive	53,2	55,8
	intensywny – intensive	58,5	
Średnio – Mean			64,7
Miedzyplony w monokulturze – Intercrops in monoculture			
A – bez międzyplonu – without intercrop			63,2
B – gorczyca biała – white mustard			72,4
C – wyka jara + peluszka – spring vetch + field pea			69,1
D – życica westerwoldzka (rajgras) – rye grass			65,9
Średnio dla międzyplonów – Mean for intercrops			69,6

**Tabela 6.** Nakłady energetyczne (GJ·ha<sup>-1</sup>) ponoszone na produkcję jęczmienia jarego – średnio z lat 2002-2006**Table 6.** Energy inputs (GJ ha<sup>-1</sup>) for spring barley production – mean from 2002-2006

Wyszczególnienie – Specification			
Następstwo roślin Crop sequence	Sposób pielęgnacji – Protection method		Średnio Mean
Płodozmian Crop rotation	ekstensywny – extensive	14,4	15,7
	intensywny – intensive	17,0	
Monokultura Monoculture	ekstensywny – extensive	14,3	15,7
	intensywny – intensive	17,0	
Średnio – Mean			15,7
Międzyplony w monokulturze – Intercrops in monoculture			
A – bez międzyplonu – without intercrop			17,0
B – gorczyca biała – white mustard			22,0
C – wyka jara + peluszka – spring vetch + field pea			20,6
D – życica westerwoldzka (rajgras) – rye grass			19,6
Średnio dla międzyplonów – Mean for intercrops			19,2

**Tabela 7.** Struktura nakładów energetycznych (%) produkcji jęczmienia jarego w zależności od sposobu pielęgnacji – średnio z lat 2002-2006**Table 7.** Structure of energy inputs (%) in spring barley production depending on protection method – mean from 2002-2006

Rodzaj nakładu Inputs kind	Monokultura Monoculture		Płodozmian Crop rotation	
	Sposób pielęgnacji – Protection method			
	PE*	PI**	PE	PI
Praca ludzka Labour	6,3	6,6	6,2	6,5
Nasiona Seeds	7,3	6,2	7,3	6,2
Środki ochrony roślin Pesticides	0,1	5,3	0,1	5,3
Nawozy Fertilizers	45,4	38,2	45,3	38,2
Paliwo i smary Fuel and greases	30,9	33,4	30,5	33,0
Ciągniki i maszyny Tractors and farm machines	10,0	10,3	10,6	10,8

PE\* ekstensywny – extensive; PI\*\* intensywny – intensive.



**Tabela 8.** Struktura nakładów energetycznych (%) produkcji jęczmienia jarego w zależności od międzyplonów – średnio z lat 2002-2006**Table 8.** Structure of energy inputs (%) in spring barley production depending on intercrops – mean from 2002-2006

Rodzaj nakładu Input kind	Płodo- zmian Crop rotation	Międzyplony w monokulturze Intercrops in monoculture			
		A <sup>1</sup>	B <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	D <sup>4</sup>
Praca ludzka Labour	6,5	6,6	6,1	6,2	5,2
Nasiona Seeds	6,2	6,2	5,9	9,9	8,4
Środki ochrony roślin Plant pesticides	5,3	5,3	4,1	4,3	4,3
Nawozy Fertilizers	38,2	38,2	43,6	38,9	48,9
Paliwo i smary Fuel and greases	33,0	33,4	30,8	30,9	25,2
Ciagniki i maszyny Tractors and farm machines	10,8	10,3	9,5	9,8	8,0

A<sup>1</sup> monokultura bez międzyplonu – monoculture without intercrop; B<sup>2</sup> gorczyca biała – white mustard; C<sup>3</sup> wyka jara + peluszka – spring vetch + field pea; D<sup>4</sup> żylica (rajgras) – rye grass.

Z punktu widzenia racjonalności gospodarowania energią ważny jest wskaźnik efektywności energetycznej wynikający z relacji wartości energetycznej zebranych plonów ziarna do nakładów energii poniesionych w procesie produkcji. Efektywność nakładów energii zależała od badanych czynników. Pielęgnacja ekstensywna i płodozmian sprzyjały uzyskiwaniu wyższej efektywności energetycznej (tab. 9), co jest zgodne z wynikami Harasima i Noworolnika (1998a, 1998b). Autorzy dowodzą, że intensywne technologie produkcji jęczmienia umożliwiają osiągnięcie istotnie większych plonów ziarna, ale cechują się większą pracochłonnością, tak pod względem nakładów robocizny, jak i nakładów siły pociągowej i kosztów bezpośrednich. W konsekwencji nakłady pracy i bezpośrednie koszty produkcji wznoszą się wraz z intensywnością technologii produkcji. Wskaźnik efektywności produkcji kształtuje się najkorzystniej w technologii najbardziej uproszczonej.

Badania własne (tab. 9) obrazują, że uprawa międzyplonów ścierniskowych i wsiewki poplonowej powodowała pogorszenie wskaźników efektywności względem „czystej monokultury”. Intensyfikacja produkcji polegająca na stosowaniu większych dawek nawozów (również biomasy międzyplonów) z reguły obniża efektywność produkcji zbóż (Kuś i in. 1988, 1992, Harasim 1989, Szempliński i Kisiel 1998).

**Tabela 9.** Wskaźnik efektywności energetycznej produkcji jęczmienia jarego – średnio z lat 2002-2006  
**Table 9.** Energy effectiveness index of spring barley production – mean from 2002-2006

Wyszczególnienie – Specification			
Następstwo roślin Crop sequence	Sposób pielęgnacji – Protection method		Średnio Mean
Płodozmian Crop rotation	ekstensywny – extensive	4,85	4,70
	intensywny – intensive	4,55	
Monokultura Monoculture	ekstensywny – extensive	3,72	3,58
	intensywny – intensive	3,44	
Średnio – Mean			4,14
Międzyplony w monokulturze – Intercrops in monoculture			
A – bez międzyplonu – without intercrop			3,72
B – gorczyca biała – white mustard			3,29
C – wyka jara + peluszka – spring vetch + field pea			3,35
D – życica westerwoldzka (rajgras) – rye grass			3,36
Średnio dla międzyplonów – Mean for intercrops			3,65

Na podstawie oceny energetycznej można stwierdzić, że efektywność produkcji jęczmienia jarego zależała od czynników uwzględnionych w badaniach. Najkorzystniejszy wskaźnik efektywności energetycznej osiągnięto uprawiając jęczmień w płodozmianie z ekstensywną pielęgnacją zasiewów (tab. 9). Natomiast najbardziej energochłonna okazała się uprawa jęczmienia w monokulturze z gorczycą białą w międzyplonie ścierniskowym. Harasim i Bochniarz (1991) uważają, iż wyprodukowanie jednostki plonu suchej masy z roślin niemotylkowych (np. gorzycy białej) wymaga 2-krotnie większych nakładów energii niż w przypadku roślin motylkowych i traw.

Zdaniem Wielickiego (1989) w przeciętnych warunkach gospodarowania na 1 jednostkę nakładów energetycznych w produkcji roślinnej powinno się uzyskać około 4 jednostki energetyczne w plonie głównym. W omawianych badaniach ten warunek spełnia uprawa jęczmienia w płodozmianie oraz w monokulturze bez regeneracji stanowiska z udziałem międzyplonów. W przypadku poszukiwania możliwości regeneracji stanowiska poprzez międzyplon ścierniskowy lub wsiewkę poplonową następuje znaczne obniżenie wskaźnika efektywności energetycznej. Według niektórych autorów (Kuś i in. 1988, 1992; Harasim i in. 2007) wielkość nakładów energetycznych na 1 ha zależy w dużym stopniu od udziału zbóż w strukturze zasiewów. Wraz ze wzrostem udziału zbóż z 50 do 75 i 100% wielkość tych nakładów maleje, czemu towarzyszy obniżka wartości energetycznej uzyskanych plonów. Podobna tendencja dotyczy pogarszania się warunków glebowych.

## WNIOSKI

1. Największą efektywnością energetyczną cechowała się uprawa jęczmienia w płodozmianie z ekstensywną pielęgnacją zasiewów.
2. Regeneracja stanowiska w monokulturze poprzez uprawę międzyplonu ścierniskowego lub wsiewki poplonowej, mimo poprawy wydajności jęczmienia, w konsekwencji powodowała pogorszenie wskaźnika efektywności energetycznej. Wynikało to z większego zużycia nawozów i nasion oraz dodatkowych zabiegów związanych z uprawą roli i siewem międzyplonów.
3. Uprawa jęczmienia nagoziarnistego w monokulturze i intensywne pielęgnacja zasiewów to czynniki zwiększające energochłonność produkcji.

## PIŚMIENNICTWO

- Anuszewski R., 1987. Metoda oceny energochłonności produktów rolniczych. Zag. Ekon. Rol., 4, 16-26.
- Gawęda D., Szymankiewicz K., Harasim E., 2006. Efektywność energetyczna różnych systemów uprawy roli w 3-półowym zmianowaniu. Pam. Puł., 142, 105-116.
- Gromadzki J., 2007. Katalog - cennik ciągników rolniczych i maszyn rolniczych. PIMR Poznań.
- Harasim A., 1989. Ocena ekonomiczna i energetyczna ogniw zmianowania z różnym udziałem jęczmienia jarego. Fragm. Agron., 4, 54-66.
- Harasim A., 2002. Kompleksowa ocena płodozmianów z różnym udziałem roślin zbożowych i okopowych. IUNG Puławy, Monografie i Rozprawy Naukowe, 1.
- Harasim A., 2003. Technologia jako czynnik kształtujący wykorzystanie potencjału produkcyjnego rolnictwa. Pam. Puł., 114, 33-39.
- Harasim A., 2006. Przewodnik ekonomiczno-rolniczy w zarysie. IUNG-PIB, Puławy.
- Harasim A., Bochniarz J., 1991. Porównanie plonowania i ocena przydatności kilku roślin pastewnych do uprawy na zielonkę dla trzody chlewnej. III. Ocena energetyczna produkcji zielonek. Pam. Puł., 99, 35-42.
- Harasim A., Noworolnik K., 1998a. Porównanie intensywności i efektywności kilku technologii produkcji jęczmienia ozimego. Pam. Puł., 112, 61-66.
- Harasim A., Noworolnik K., 1998b. Wpływ zróżnicowanego poziomu nawożenia mineralnego i ochrony roślin na efektywność produkcji jęczmienia jarego. Pam. Puł., 112, 67-73.
- Harasim A., Bujak K., Frant M., 2007. Wpływ uproszczeń w uprawie roli i poziomu nawożenia mineralnego na efektywność energetyczną produkcji roślinnej w płodozmianie 4-półowym. Fragm. Agron., 1, 64-71.
- Kuś J., Krasowicz S., Harasim A., 1988. Porównanie zmianowań z różnym udziałem zbóż na tle zróżnicowanej uprawy roli i nawożenia w wieloletnim doświadczeniu półowym w Grabowie. V. Efektywność energetyczna. Pam. Puł., 92, 119-132.
- Kuś J., Krasowicz S., Harasim A., 1992. Studia nad możliwością zwiększenia udziału zbóż w strukturze zasiewów. VI. Efektywność energetyczna. Pam. Puł., 101, 187-200.
- Praca zbiorowa: 1999. Katalog norm i normatywów. SGGW Warszawa.
- Szempliński W., Kisiel R., 1998. Efektywność energetyczna różnych wariantów technologii produkcji jęczmienia jarego. Pam. Puł., 112, 237-244.
- Wielicki W., 1989. Analiza efektywności energetycznej w rolnictwie. Post. Nauk Roln., 1, 69-86.
- Wielicki W., 1990. Energochłonność produkcji roślinnej. Służba Roln., 1-2, 1-6.
- Wójcicki Z., 1981. Energochłonność produkcji rolniczej. Roczn. Nauk Roln., C, 75(1), 165-197.

## ENERGY EFFECTIVENESS OF SPRING BARLEY PRODUCTION IN CROP ROTATION AND MONOCULTURE

*Cezary Kwiatkowski, Elżbieta Harasim*

Department of Tillage and Plant Cultivation, University of Life Sciences  
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin  
e-mail: czarkw@poczta.onet.pl

**Abstract.** The field experiment was conducted in 2002-2006 at the Experimental Farm Czesławice (central part of Lublin region) on lessive soil developed from loess (2<sup>nd</sup> bonitation class). The study included naked form of spring barley cultivated in crop rotation and in 6-year monoculture. In both crop sequence systems, extensive and intensive protection methods were used. Spring intercrop species (white mustard, leguminous mixture – spring vetch + field pea, and rye grass), biomass of which was ploughed in autumn after cutting, were the factor that regenerated the field in monoculture. The subject of analysis was the influence of particular regeneration methods in monoculture on the energy effectiveness of spring barley cultivation. The results were compared with monoculture without intercrop and with crop rotation. Intensive protection and the sowing of intercrops in spring barley monoculture were proved to have a positive effect on the cereal yielding. However, the above factors caused a deterioration of the energy effectiveness index. This resulted from the increased labour and drawbar pull expenditure typical of such technologies. The best energy effects were obtained from spring barley cultivation in crop rotation where extensive protection was used.

**Keywords:** spring barley, monoculture, crop rotation, protection method, intercrops, energy effectiveness