

## ENERGOCHŁONNOŚĆ PRODUKCJI JĘCZMIENIA JAREGO W WARUNKACH ZRÓŻNICOWANEJ UPRAWY ROLI I NAWOŻENIA MINERALNEGO

HANNA KLIKOCKA, ALEKSANDRA GŁOWACKA, DARIUSZ JUSZCZAK, MAGDALENA CYBULSKA,  
GRZEGORZ MICHAŁKIEWICZ, ROBERT PAWLISZAK

*Zakład Ogólnej Uprawy Roli i Roślin, Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

hanna.klikocka@up.lublin.pl

**Synopsis.** W pracy porównano wpływ dwóch sposobów uprawy roli (tradycyjny i uproszczony) oraz trzech form nawożenia mineralnego (NPK, NPKS, NPKSMg) na energochłonność uprawy jęczmienia jarego. Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2007–2009. Wykazano, że tradycyjna płuzna uprawa roli w połączeniu z nawożeniem NPK z dodatkiem 16 kg S·ha<sup>-1</sup> w postaci siarczanu amonu charakteryzowała się najkorzystniejszym wskaźnikiem efektywności energetycznej. Uprawa uproszczona i nawożenie mineralne wzbogacone w siarkę i magnez (w postaci siarczanu magnezu) obniżyły istotnie wskaźnik efektywności energetycznej. Zastosowanie w nawożeniu siarczanu magnezu wpływało najkorzystniej na wartość energetyczną plonu, lecz uzyskana zwyżka nie rekompensowała poniesionych nakładów. W strukturze nakładów energetycznych w produkcji jęczmienia jarego największy udział miały surowce i materiały do produkcji (57%, w tym zwłaszcza nawozy mineralne i ziarno siewne), środki inwestycyjne (12%), paliwo (7%) i praca ludzka (7%). Wśród zabiegów agrotechnicznych najbardziej energochłonny był zbiór i transport (ok. 41%) i uprawa roli (34%). W całej technologii produkcji uprawa roli stanowiła tylko 12%. Nie ma uzasadnienia na prowadzenie uproszczeń w uprawie roli, gdyż nie zaobserwowano istotnego wzrostu wskaźnika efektywności energetycznej z tego tytułu. W nawożeniu uzasadnione jest stosowanie siarczanu amonu zamiast saletry amonowej, gdyż opcja ta przynosi korzystny efekt.

**Słowa kluczowe** – *key words*: jęczmień jary – *spring barley*, uprawa roli – *soil tillage*, nawożenie mineralne – *mineral fertilization*, efektywność energetyczna – *energetic effectiveness*

### WSTĘP

Ocenę produkcji roślinnej często ogranicza się do kryteriów produkcyjnych i ekonomicznych, natomiast jej istotnym uzupełnieniem powinien być rachunek energetyczny [Harasim i in. 2007]. Może być on stosowany do oceny efektywności energetycznej poszczególnych zabiegów agrotechnicznych, całych technologii produkcji ziemiopłodów i płodozmianów [Anuszewski i in. 1979, Harasim 2002, Wielicki 1989].

Badania dotyczące energochłonności w produkcji rolniczej rozpoczęto w latach siedemdziesiątych [Wielicki 1989]. Występujący wówczas kryzys paliwowy spowodował bowiem wzrost zainteresowania zmianami technologii umożliwiającymi zmniejszenie zużycia energii w produkcji rolniczej, a głównie dążenie do zmniejszenia zużycia paliwa. Celem obniżenia bezpośrednich nakładów i kosztów energii w rolnictwie proponuje się między innymi doskonalenie technologii produkcji i poprawę organizacji procesów produkcji [Pawlak 2007]. Pod koniec lat siedemdziesiątych rozpoczęto kompleksowe oceny energochłonności produkcji rolniczej, wykonywane tzw. metodą ciągnioną obejmującą pomiar nakładów energetycznych zawartych

w środkach produkcji oraz w bezpośrednich nośnikach energii i pracy ludzi oraz zwierząt pociągowych. W Polsce prace dotyczące badań energochłonności ciągnionej rozpoczął zespół pod kierunkiem Wójcickiego [Anuszewski i in. 1979, Kowalski i in. 2002, Wójcicki 1981, 2000].

Racjonalizacji gospodarki energią sprzyja w produkcji roślinnej: podnoszenie poziomu produkcji poprzez poprawę żyzności gleby, stosowanie wysokowydajnych odmian roślin, prawidłowy płodozmian, zmniejszenie strat itp. Ważne ponadto jest doskonalenie procesów produkcji poszczególnych płodów rolnych, poprawa stanu technicznego sprzętu rolniczego i innych odbiorników energii, dobra organizacja procesów produkcji [Kuś i in. 1992, Pawlak 1998, Nasalski i in. 2004].

Jęczmień jary charakteryzuje się większą stabilnością plonowania w porównaniu z innymi zbożami. Jest mniej wrażliwy na ograniczający przebieg warunków pogodowych, np. lepiej toleruje niedobory opadów. Produktywność jęczmienia zależy szczególnie od cech genetycznych odmiany, jakości materiału siewnego, daty siewu, nawożenia mineralnego i ochrony przed patogenami [Noworolnik 2007, Żuk-Gołaszewska 2008, Żuk-Gołaszewska i in. 2010]. Ponadto ważny jest dobór technologii uprawy, gdyż wpływa to nie tylko na wydajność plonowania, lecz na jakość ziarna, które produkowane jest na określone cele [Jurga i Dobek 2008, Noworolnik i in. 2004].

Celem badań była ocena efektywności energetycznej technologii produkcji jęczmienia jarego (browarnianego) w warunkach zróżnicowanej uprawy roli (tradycyjnej i uproszczonej) oraz nawożenia mineralnego (z dodatkiem siarki i magnezu).

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2007–2009 we wsi Malice k. Hrubieszowa (50°42' N, 23°15' E). Założono je metodą losowanych podbloków w układzie zależnym, split-plot w czterech powtórzeniach. Przedplonem były średniowczesny ziemniak. Przedmiotem badań był jęczmień jary (*Hordeum vulgare* ssp. *distichon*), odmiana 'Madonna'. Uprawiano go na glebie brunatnej, wylugowanej wytworzonej z piasku lekkiego pylastego, zaliczonej do kompleksu żyniego dobrego. Charakteryzowała się ona odczynem lekko kwaśnym ( $\text{pH}_{\text{KCl}} = 5,6$ ). Zasobność gleby w przyswajalny fosfor była wysoka, a w potas, magnez i siarkę średnia.

Zastosowano następujące metody uprawy roli: A – uprawa tradycyjna-płużna (jesienią – orka średnia – 20 cm, wiosną – bronowanie, kultywatorowanie, bronowanie), B – uprawa uproszczona – bezpłużna, z użyciem kultywatora (jesienią – kultywatorowanie – 15 cm, wiosną – bronowanie, kultywatorowanie, bronowanie). Nawożenie mineralne, wyrażone w  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , było następujące: 1 – NPK (N – 40 – saletra amonowa, P – 17,6 – superfosfat potrójny granulowany, K – 41,5 – sól potasowa), 2 – NPKS (N – 40 – saletra amonowa bilansowana z siarczanem amonu, P – 17,6 – superfosfat potrójny granulowany, K – 41,5 – sól potasowa, S – 16 – siarczan amonu), 3 – NPKSMg (N – 40 – saletra amonowa, P – 17,6 – superfosfat potrójny granulowany, K – 41,5 – sól potasowa, S – 16 – siarczan magnezu, Mg – 30 – siarczan magnezu).

Nawożenie mineralne (N, P, K, S i Mg) aplikowano przedsięwzięcie. Nawożenie organiczne, w postaci słomy pszenżytniej (5 ton + 50  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  mocznika) zastosowano pod przedplon, którym był ziemniak. Powierzchnia poletek do siewu i obserwacji wynosiła 30  $\text{m}^2$ , natomiast do zbioru 20  $\text{m}^2$  (4,0 m x 5,0 m). Siew jęczmienia jarego przeprowadzono w drugiej dekadzie kwietnia, zakładając obsadę ziaren 400 szt. $\cdot\text{m}^{-2}$ . Ziarniaki przed siewem zaprawiono zaprawą Vitavax 200 FS (s.a. karboksyna + tiuram), w ilości 300 ml $\cdot\text{100 kg}^{-1}$ . Do niszczenia chwastów dwuliściennych stosowano herbicyd Granstar 75 WG (tribenuron metylowy) (20  $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) w fazie krzewienia jęczmienia (BBCH 28). Występowanie chorób podsuszkowych ograniczono stosując

w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 30–32) Alert 375 SC (flusilazol + karbendazym) – 1,0 l·ha<sup>-1</sup>, natomiast przeciw chorobom liści i kłosa (w stadium BBCH 58–59) Tilt CB 37,5 (propikonazol + karbendazym) w ilości 1 l·ha<sup>-1</sup>. Terminy wykonania zabiegów agrotechnicznych oraz zastosowane maszyny rolnicze opublikowano we wcześniejszej pracy [Klikocka i in. 2011].

W opracowaniu przedstawiono ocenę efektywności energetycznej technologii produkcji jęczmienia jarego. W ocenie tej uwzględniono wykorzystanie maszyn i pracochłonność zabiegów [Klikocka i in. 2011]. Wielkość jednostkowych nakładów energetycznych skumulowanych w ciągnikach i maszynach rolniczych odnosi się do 1 kg ich masy. Zużycie maszyn określono w kg·h<sup>-1</sup> ich pracy i przeliczono na MJ. Masę części zamiennych określano na poziomie 30% zużycia (masy) ciągników i maszyn. Materiały zużyte do napraw stanowiły 4% masy części zamiennych, a smary 4% zużytego paliwa [Harasim 2002]. Nakłady energetyczne wyliczono według metody opracowanej w IBMER [Anuszewski i in. 1979]. Uwzględniono także nowsze wskaźniki energochłonności jednostkowej podawane w literaturze [Harasim 2002, Kamionka 2005, Wójcicki 2000] (tab. 1).

Tabela 1. Wartości jednostkowych wskaźników energochłonności  
Table 1. The value of the individual indicators, energy-intensive

Wyszczególnienie <i>Simplifications</i>	Jednostka miary <i>Unit</i>	Wartość wskaźnika <i>The value of the indicator</i>	Autor <i>Author</i>
Ciągniki i maszyny <i>Tractors and machinery</i>	MJ·kg <sup>-1</sup>	112	Harasim 2002
Części zamienne <i>Spare parts</i>	MJ·kg <sup>-1</sup>	80	Harasim 2002
Materiały do napraw <i>Materials for the repair</i>	MJ·kg <sup>-1</sup>	30	Harasim 2002
Smary – <i>Lubricants</i>	MJ·kg <sup>-1</sup>	22	Harasim 2002
Traktorzysta <i>Tractor Operator</i>	MJ·rbh <sup>-1</sup>	80	Wójcicki 2000
Pracownik pomocniczy <i>Staff Assistant</i>	MJ·rbh <sup>-1</sup>	50	Wójcicki 2000
Olej napędowy – <i>Diesel</i>	MJ·kg <sup>-1</sup>	48	Harasim 2002
Nawozy azotowe <i>Nitrogenous fertilizers</i>	MJ·kg <sup>-1</sup>	77	Wójcicki 2000
Nawozy fosforowe <i>Phosphatic fertilizers</i>	MJ·kg <sup>-1</sup>	14	Harasim 2002
Nawozy potasowe <i>Potassic fertilizers</i>	MJ·kg <sup>-1</sup>	10	Harasim 2002
Nawozy siarkowe <i>Sulfur fertilizers</i>	MJ·kg <sup>-1</sup>	14	Klikocka 2006
Środki ochrony roślin <i>Plant protection products</i>	MJ·kg <sup>-1</sup>	300	Harasim 2002
Ziarno siewne – <i>Seed grain</i>	MJ·kg <sup>-1</sup>	7,5	Pawlak 1988

Obliczenie nakładów energetycznych ( $E_t$ ) poniesionych w technologii produkcji jęczmienia jarego oparto na następującej formule matematycznej:

$$E_t = E_C + E_M + E_T + E_R + E_E + E_N + E_{SR} \text{ (MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\text{)}, \text{ gdzie:}$$

$E_C$  – nakłady energetyczne użytkowania ciągników ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ),

$E_M$  – nakłady energetyczne użytkowania maszyn ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ),

$E_T$  – nakłady energetyczne użytkowania środków transportu ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ),

$E_R$  – nakłady energetyczne pracy ludzi ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ),

$E_E$  – nakłady energetyczne zużytego paliwa ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ),

$E_N$  – nakłady energetyczne zastosowanego nawozu ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ),

$E_{SR}$  – nakłady energetyczne zastosowanego środka ochrony roślin ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ )

Wskaźnik efektywności energetycznej ( $E_e$ ) obliczono według wzoru:  $E_e = P_e/N_e$ , gdzie:  $P_e$  – wartość energetyczna plonu uzyskanego z 1 ha (MJ) – kg suchej masy plonu podstawowe ma przeciętną wartość 18,36 MJ [Wielicki 1990],  $N_e$  – wielkość nakładów energetycznych poniesionych na uzyskanie plonu z 1 ha (MJ).

## WYNIKI

Łączne nakłady energetyczne ponoszone na produkcję roślinną zależą głównie od gatunku uprawianej rośliny [Głowacka i Klikocka 2011, Harasim i Gawęda 2010], ale również od stosowanej technologii uprawy i liczby wykonywanych zabiegów agrotechnicznych. Analiza wyników badań wykazała, że korzystniejszy wskaźnik efektywności energetycznej (9,80) otrzymano w przypadku stosowania tradycyjnej uprawy roli. Uprawa uproszczona pomimo, że charakteryzowała się niższym zapotrzebowaniem na energię w procesie technologicznym dawała niższy plon ziarna, co w konsekwencji wpływało na to, że wskaźnik efektywności energetycznej (9,72) był niższy w stosunku do tradycyjnej uprawy roli. Zastosowanie nawożenia mineralnego NPK+S wpływało istotnie korzystnie na wskaźnik efektywności energetycznej (10,13). W tym przypadku również nakłady energetyczne były wyższe, niż po zastosowaniu nawożenia kontrolnego NPK, lecz wyższa wartość energetyczna plonu rekompensowała wynik na rzecz nawożenia NPK + S. Zastosowanie nawożenia NPK+S+Mg wpływało niekorzystnie na wskaźnik efektywności energetycznej w stosunku do kombinacji NPK i NPK+S, bowiem wzrost wartości energetycznej plonu ziarna nie rekompensował nakładów energetycznych na zastosowanie siarczanu magnezu. Wielu autorów twierdzi jednak, że zboża powinno się nawozić siarką i magnezem [Barczak i Majcherczak 2008, Klikocka 2011, Klikocka i in. 2011]. Wartość energetyczna plonu ziarna jęczmienia jarego nie zależała od lat badań, bowiem cecha ta jest ściśle związana z plonem ziarna i zachowywała się zgodnie z jego rozkładem (tab. 2).

W strukturze nakładów wydatkowanych na produkcję jęczmienia jarego na powierzchni 1 ha odnotowano duży udział bezpośrednich nośników energii (paliwa) (7,1%), środków inwestycyjnych (12,1%) i pracy ludzkiej (7,1%). Był on wyższy w przypadku tradycyjnej uprawy roli (tab. 3 i 4). Wprowadzenie uproszczeń wpływało na obniżenie tych nakładów, zwłaszcza paliwa i pracy ludzkiej. Niezależnie od czynników doświadczenia największy udział w nakładach energetycznych stanowiły surowce i materiały (57,1%), a wśród nich energia zawarta w nawozach mineralnych (około 74% nakładów w surowcach i materiałach, średnio 4419  $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) oraz w ziarnie siewnym (około 22% nakładów w surowcach i materiałach, 1275  $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), podczas gdy środki ochrony roślin stanowiły około 4% energii w surowcach i materiałach (220  $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

O efektywności energetycznej produkcji w największym stopniu decyduje wielkość uzyskanych plonów i ich wartość energetyczna [Marks i Makowski 2007, Orzech i in. 2004]. Wielicki

Tabela 2. Wartości badanych cech energochłonności uprawy jęczmienia jarego  
 Table 2. The value of energetic effectiveness of spring barley production

Uprawa roli <i>Soil tillage</i>	Nawożenie <i>Fertilization</i>	Lata <i>Years</i>	Wartość energetyczna plonu <i>Yield energy value (MJ·ha<sup>-1</sup>)</i>	Nakłady energetyczne <i>Energy inputs (MJ·ha<sup>-1</sup>)</i>	Wskaźnik efektywności energetycznej <i>Index of energy effectiveness</i>
Tradycyjna <i>Conventional (TR)</i>	NPK	2007	105671	10222	10,34
		2008	99020	10222	9,69
		2009	99185	10222	9,70
	Średnio – Mean		101292	10222	9,91
	NPKS	2007	107241	10476	10,24
		2008	102531	10476	9,79
2009		106208	10476	10,14	
Średnio – Mean		105327	10476	10,05	
NPKSMg	2007	109761	10896	10,07	
	2008	100549	10896	9,23	
	2009	97863	10896	8,98	
Średnio – Mean		102724	10896	9,43	
Uproszczona <i>Reduced (UPR)</i>	NPK	2007	77745	9593	8,10
		2008	101086	9593	10,54
		2009	90180	9593	9,40
	Średnio – Mean		89670	9593	9,35
	NPKS	2007	106910	9847	10,86
		2008	65137	9847	9,66
2009		99681	9847	10,12	
Średnio – Mean		100576	9847	10,21	
NPKSMg	2007	97574	10267	9,50	
	2008	97492	10267	9,50	
	2009	100962	10267	9,83	
Średnio – Mean		98676	10267	9,61	
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> : uprawa x nawożenie – <i>tillage x fertilization</i>			r.n.	–	r.n.
Średnio uprawa <i>Mean tillage</i>	TR		103114	10532	9,80
	UPR		96307	9903	9,72
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> : uprawa – <i>tillage</i>			3193	–	–
Średnio nawożenie <i>Mean fertilization</i>	NPK		95481	9908	9,63
	NPKS		102951	10162	10,13
	NPKSMg		99413	10582	9,52
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> : nawożenie – <i>fertilization</i>			3911	–	0,50
Średnio w latach <i>Mean in years</i>	2007		100817	10035	9,85
	2008		99302	10035	9,73
	2009		99013	10035	9,72
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> : lata – <i>years</i>			r.n.	–	r.n.

r.n. – różnica nieistotna – *non significant differences*

Tabela 3. Nakłady energetyczne i ich struktura w produkcji jęczmienia jarego (2007–2009)  
 Table 3. Expenditure of energy and their structure in the production of spring barley (2007–2009)

Uprawa roli <i>Soil tillage</i>	Nawożenie <i>Fertilization</i>	Bezpośrednie nośniki energii <i>Direct energy carriers</i>		Surowce i materiały <i>Raw and materials</i>		Środki inwestycyjne <i>Investment measures</i>		Praca ludzka <i>The work of the human</i>		Ogółem <i>Total</i>
		MJ·ha <sup>-1</sup>	%	MJ·ha <sup>-1</sup>	%	MJ·ha <sup>-1</sup>	%	MJ·ha <sup>-1</sup>	%	MJ·ha <sup>-1</sup>
TR	NPK	2611	25,6	5605	54,8	1213	11,9	793	7,8	10222
	NPKS	2611	24,9	5859	55,9	1213	11,6	793	7,6	10476
	NPKSMg	2611	24,0	6279	57,6	1213	11,1	793	7,3	10896
	Średnio <i>Mean</i>	2611	24,8	5914	56,2	1213	11,5	793	7,5	10532
UPR	NPK	2138	22,3	5605	58,4	1217	12,7	633	6,6	9593
	NPKS	2138	21,7	5859	59,5	1217	12,4	633	6,4	9847
	NPKSMg	2138	20,8	6279	61,2	1217	11,9	633	6,2	10267
	Średnio <i>Mean</i>	2138	21,6	5914	59,7	1217	12,3	633	6,4	9903
Średnio <i>Mean</i>	NPK	2375	24,0	5605	56,6	1215	12,3	713	7,2	9908
	NPKS	2375	23,4	5859	57,7	1215	12,0	713	7,0	10162
	NPKSMg	2375	22,4	6279	59,3	1215	11,5	713	6,7	10582
Średnio – <i>Mean</i>		2375	23,7	5914	57,1	1215	12,1	713	7,1	10035

TR – uprawa tradycyjna – *conventional soil tillage*, UPR – uprawa uproszczona – *reduced soil tillage*

Tabela 4. Struktura nakładów energetycznych w zabiegach wykonanych w uprawie jęczmienia jarego (2007–2009)

Table 4. The structure of the input energy in treatment carried out in the cultivation of spring barley (2007–2009)

Uprawa Roli <i>Soil tillage</i>	Nawożenie <i>Fertilization</i>	Jednostka <i>Unit</i>	Uprawa roli <i>Soil tillage</i>	Nawożenie <i>Fertilization</i>	Pielęgnacja i ochrona <i>Care and protection</i>	Siew <i>Sowing</i>	Zbiór <i>Harvesting</i>	Ogółem <i>Total</i>
TR	NPK	MJ·ha <sup>-1</sup> %	1463 38,2	159 4,2	311 8,1	401 10,5	1490 39,0	3824 100
	NPKS	MJ·ha <sup>-1</sup> %	1463 38,2	159 4,2	311 8,1	401 10,5	1490 39,0	3824 100
	NPKSMg	MJ·ha <sup>-1</sup> %	1463 38,2	159 4,2	311 8,1	401 10,5	1490 39,0	3824 100
	Średnio <i>Mean</i>	MJ·ha <sup>-1</sup> %	1463 38,2	159 4,2	311 8,1	401 10,5	1490 39,0	3824 100

Tabela 4. cd.  
Table 4. cont.

UPR	NPK	MJ·ha <sup>-1</sup> %	994 29,6	159 4,7	311 9,3	401 11,9	1490 44,4	3355 100
	NPKS	MJ·ha <sup>-1</sup> %	994 29,6	159 4,7	311 9,3	401 11,9	1490 44,4	3355 100
	NPKSMg	MJ·ha <sup>-1</sup> %	994 29,6	159 4,7	311 9,3	401 11,9	1490 44,4	3355 100
	Średnio Mean	MJ·ha <sup>-1</sup> %	994 29,6	159 4,7	311 9,3	401 11,9	1490 44,4	3355 100
Średnio Mean	NPK	MJ·ha <sup>-1</sup> %	1228 34,2	159 4,4	311 8,7	401 11,2	1490 41,5	3590 100
	NPKS	MJ·ha <sup>-1</sup> %	1228 34,2	159 4,4	311 8,7	401 11,2	1490 41,5	3590 100
	NPKSMg	MJ·ha <sup>-1</sup> %	1228 34,2	159 4,4	311 8,7	401 11,2	1490 41,5	3590 100
Średnio – Mean		MJ·ha <sup>-1</sup> %	1228 34,2	159 4,4	311 8,7	401 11,2	1490 41,5	3590 100

% – udział w odniesieniu do sumy nakładów w zabiegach – *percentage share in relation to the sum of the inputs in treatment*

TR– uprawa tradycyjna – *conventional soil tillage*, UPR – uprawa uproszczona – *reduced soil tillage*

[1989] podaje, iż na jedną jednostkę nakładów energetycznych poniesionych w produkcji powinny przypadać cztery jednostki energetyczne wytworzonego produktu. Orzech i in. [2004] analizując efektywność energetyczną różnych systemów uprawy roli uzyskali wskaźniki efektywności energetycznej dla pszenicy od 5,7 do 6,3, zaś dla jęczmienia jarego tylko 2,37–2,75. Natomiast w badaniach Harasim i Gawędy [2010] dotyczących wpływu rodzaju międzyplonu na efektywność produkcji zbóż jarych wskaźnik efektywności energetycznej był najniższy dla pszenicy jarej – 3,93, wyższy dla owsa – 4,75, zaś najwyższy dla jęczmienia – 4,94

Żuk-Gołaszewska i in. [2010] w badaniach nad nawożeniem jęczmienia jarego na cele browarniane stwierdzili, że wśród analizowanych dawek nawożenia azotem najkorzystniejszy wskaźnik efektywności energetycznej wykazano po zastosowaniu 80 kg N·ha<sup>-1</sup>. Zwiększanie nawożenia azotem powodowało spadek wartości wskaźnika energetycznej opłacalności produkcji. Kraska i Pałys [2004], Koziara i in. [2006, 2007] oraz Szempliński [2003] wykazali, że najkorzystniejszy plon jęczmienia jarego uzyskano po zastosowaniu od 60 do 90 kg N·ha<sup>-1</sup>. Nasalski [2001], Nasalski i in. [2004] oraz Klikocka i in. [2011] twierdzą, że nawożenie azotem jest najważniejszym generatorem kosztów w produkcji zbóż.

Zdaniem Małeckiej i in. [2004] oraz Machado i in. [2007] brak jest jednoznacznych wyników wskazujących na bezpośredni wpływ uproszczonych systemów uprawy roli na plonowanie roślin zbożowych, gdyż efekty wprowadzanych modyfikacji uprawowych zależą od warunków pogodowych i siedliskowych oraz stosowanej agrotechniki, w tym poziomu nawożenia mineralnego. Uprawa roli może pochłonąć 25–40% całkowitych nakładów na produkcję roślinną [Orzech i in. 2004]. Orka będąca podstawą tradycyjnej uprawy roli jest uważana za zabieg

wymagający znacznych nakładów czasu, pracy i energii. Jednak przyjmując za kryterium oceny wskaźnik efektywności energetycznej należy stwierdzić, że najwyższą przydatność ma tradycyjna uprawa płuzna, ponieważ z reguły zapewnia najwyższe plony [Klikocka i Sachajko 2011].

## WNIOSKI

1. Tradycyjna uprawa roli oraz nawożenie NPKS pod jęczmień jary uprawiany na cele browarniane generowały najkorzystniejszy wskaźnik efektywności energetycznej (9,80).
2. W strukturze nakładów energetycznych w produkcji jęczmienia jarego największy udział miały surowce i materiały do produkcji, w tym zwłaszcza nawozy mineralne i ziarno siewne, środki inwestycyjne, paliwo i praca ludzka. Wśród zabiegów najbardziej energochłonny był zbiór i transport.
3. Uprawa roli stanowiła w całej technologii produkcji tylko 12%, dlatego nie ma uzasadnienia na wprowadzanie uproszczeń w tym ogniwie agrotechniki. Uzasadnione natomiast jest stosowanie siarczanu amonu zamiast saletry amonowej, ponieważ wtedy siarka wnoszona jest beznakładowo i daje korzystny efekt plonotwórczy

## PIŚMIENNICTWO

- Anuszewski R., Pawlak J., Wójcicki Z. 1979. Energochłonność produkcji rolniczej. Metodyka badań energochłonności produkcji surowców żywnościowych. IBMER Warszawa: 23–28.
- Barczak B., Majcherczak E. 2008. Effect of varied fertilization with sulfur on selected spring barley yield structure components. *J. Cent. Eur. Agric.* 9: 777–784.
- Głowacka A., Klikocka H. 2011. Porównanie efektywności energetycznej uprawy jęczmienia jarego i owsa siewnego w warunkach stosowania różnych metod regulacji zachwaszczenia. *Rocz. Nauk. SERiA* 13(7): 26–30.
- Harasim A. 2002. Kompleksowa ocena płodozmianów z różnym udziałem roślin zbożowych i okopowych. Wyd. IUNG Puławy, Mon. i Rozpr. Nauk. 1: ss. 89.
- Harasim A., Bujak K., Frant M. 2007. Wpływ uproszczeń w uprawie roli i poziomu nawożenia mineralnego na efektywność energetyczną produkcji roślinnej w płodozmianie 4-polowym. *Fragm. Agron.* 24(1): 64–71.
- Harasim E., Gawęda D. 2010. Wpływ międzyplonów ścierniskowych na plonowanie i efektywność energetyczną produkcji zbóż jarych. *Ann. UMCS, Sec. E* 65(1): 64–72.
- Jurga J., Dobek T.K. 2008. Porównanie kosztów produkcji jęczmienia jarego i ozimego w wybranych gospodarstwach woj. zachodniopomorskiego. *Inż. Rol.* 10: 89–96.
- Kamionka J. 2005. Wpływ techniki na efektywność pogłównego nawożenia zbóż. *Rozpr. hab.* 19, *Inż. Rol.* 15: ss. 106.
- Klikocka H. 2011. Zasoby siarki w Polsce oraz jej znaczenie w przemyśle i rolnictwie. *Przem. Chem.* 90(9): 1728–1737.
- Klikocka H., Głowacka A., Juszcak D. 2011. Wpływ zróżnicowanych sposobów uprawy roli i nawożenia mineralnego na efekty ekonomiczne uprawy jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 28(2): 44–54.
- Klikocka H., Sachajko J. 2011. Kompleksowa ocena agrotechnologii ziemniaka i pszenżyta jarego. *Acta Agrophys., Rozpr. Monogr.* 195: ss. 129.
- Kowalski J. (red.) 2002. Postęp naukowo-techniczny a racjonalna gospodarka energią w produkcji rolniczej. PTIR Kraków.
- Koziara W., Panasiewicz K., Sulewska H. 2006. Efekty nawożenia azotem jęczmienia jarego w warunkach pól niedeschczowanych i deszczowanych. *Pam. Puł.* 142: 215–224.

- Koziara W., Sulewska H., Panasiewicz K. 2007. Biologiczne i ekonomiczne skutki zaniechania nawożenia azotem upraw jęczmienia jarego i pszenżyta jarego. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 52(3): 82–88.
- Kraska P., Pałys E. 2004. Wpływ systemów uprawy roli, poziomów nawożenia i ochrony roślin na plonowanie jęczmienia jarego. *Ann. UMCS, Sec. E* 59(1): 197–207.
- Kuś J., Krasowicz S., Harasim A. 1992. Studia nad możliwością zwiększenia udziału zbóż w strukturze zasiewów. VI. Efektywność energetyczna. *Pam. Puł.* 101: 185–199.
- Machado S., Petrie S., Rhinhart K., Qu A. 2007. Long-term continuous cropping in the Pacific Northwest: Tillage and fertilizer effects on winter wheat, spring wheat, and spring barley production. *Soil Till. Res.* 94: 473–481.
- Małecka I., Blecharczyk A., Pudelko J. 2004. Możliwości uproszczeń w uprawie roli pod jęczmień jary. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3(2): 89–96.
- Marks M., Makowski P. 2007. Ocena efektywności energetycznej dwupolowych członów zmianowania ugor - pszenica ozima. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 6(4): 25–33.
- Nasalski Z. 2001. Effectiveness of financial means invested in vegetable production. *Economic Sci.* 4: 247–260.
- Nasalski Z., Sadowski T., Stępień A. 2004. Produkcyjna, ekonomiczna i energetyczna efektywność produkcji jęczmienia ozimego przy różnych poziomach nawożenia azotem. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3(1): 83–90.
- Noworolnik K. 2007. Kształtowanie jakości ziarna jęczmienia jarego browarnego poprzez zabiegi agrotechniczne. *IUNG-PIB Puławy, Studia i Raporty* 9: 65–75.
- Noworolnik K., Leszczyńska D., Dworakowski T. 2004. Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna i białka jęczmienia jarego nagoziarnistego i oplewionego. *Pam. Puł.* 135: 213–222.
- Orzech K., Marks M., Nowicki J. 2004. Energetyczna ocena trzech sposobów uprawy roli na glebie średniej. *Ann. UMCS, Sec. E* 59(3): 1275–1281.
- Pawlak J. 1998. *Energia*. W: Encyklopedia agrobiznesu. Woś A. (red.). Fundacja Innowacja. Warszawa: 183–186.
- Pawlak J. 2007. Nakłady i koszty energii w rolnictwie polskim. *Probl. Inż. Roln.* 4: 15–20.
- Szempliński W. 2003. Siedliskowe i agrotechniczne uwarunkowania produkcji ziarna jęczmienia jarego na paszę w północno-wschodniej Polsce. *Wyd. UWM Olsztyn, Rozpr. Monogr.* 71: ss. 91.
- Wielicki W. 1989. Analiza efektywności energetycznej w rolnictwie. *Post. Nauk Rol.* 1: 69–86.
- Wielicki W. 1990. Energochłonność produkcji roślinnej. *Stud. Międz., Służba Rol.* 1(2): 1–6.
- Wójcicki Z. 1981. Energochłonność produkcji rolniczej. *Rocz. Nauk Rol., Ser. C* 75(1): 85–98.
- Wójcicki Z. 2000. Wyposażenie techniczne i nakłady materiałowo-energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. *IBMER Warszawa*: ss. 139.
- Żuk-Gołaszewska K. 2008. Produkcyjność i produktywność jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) uprawianego w różnych warunkach agrotechniki. *Wyd. UWM Olsztyn, Rozpr. Monogr.* 136: ss. 110.
- Żuk-Gołaszewska K., Truszkowski W., Winnicki T. 2010. Possibilities for improvement of economic and energetic effectiveness of spring barley production depending on nitrogen fertilization level. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 9(3): 97–107.

H. KLIKOCKA, A. GŁOWACKA, D. JUSZCZAK, M. CYBULSKA, G. MICHAŁKIEWICZ, R. PAWLISZAK

#### ENERGETIC EFFECTIVENESS OF SPRING BARLEY PRODUCTION DEPENDED OF SOIL TILLAGE AND DIFFERENT MINERAL FERTILIZATION

##### Summary

In work compared the impact of the two methods the soil tillages (conventional and reduced), and the three forms of mineral fertilizer (NPK, NPKS, NPKSMg) on energetic parameters in the production of spring barley. Experience in the field has been carried out in the years 2007–2009. It has been dem-

onstrated that the conventional – ploughing soil tillage in combination with NPK fertilization with 16 kg S·ha<sup>-1</sup>, in the form of ammonium sulphate had the best energy efficiency index. The reduced soil tillage and mineral fertilization with surplus of sulphur and magnesium (in magnesium sulphate form) limited significantly energy efficiency index. The use of magnesium sulphate in mineral fertilization increased the energetic value of yield, but despite this value exceeded that obtained high energy in grain yields. In the structure of energy inputs of spring barley production had the largest share of raw materials and materials for production (57%, including in particular fertilizers and grain for sowing), investment (12%), fuel (7%) and human (7%). Among the treatments most energy inputs was the harvesting and transport (41%). Soil tillage represented 34% of all treatments, but in the whole of production technology, only 12%. Therefore, there is no justification for reduced the soil tillage, since there has been a significant increase in the energy efficiency index of this title. Reasonable but is the use of ammonium sulphate instead ammonium nitrate, since this option produces a beneficial effect.