

## ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY OF WEED CONTROL WITH ENVIRONMENTAL FRIENDLY METHODS IN SPRING WHEAT

### Summary

*In this field experiment, an energy efficiency of environment friendly methods to limit overgrowing weeds of spring wheat was investigated. In comparison with harrowing (control), weed control with the use of a herbicide (Chwastox extra 300SL) resulted in an increase of the cumulated energy outlays by 7 per cent, and an increase of the yield by 12 per cent (not confirmed statistically), and a growth of the energy efficiency ratio by 5 per cent. An application of a supplementary crop in the form of the white clover, treated as a method to reduce weeds, resulted in an increase of the cumulated energy outlay by 3%. Also, a substantial increase of the grain yield was noted (by 24% as compared with the control), which resulted in the achievement of the most advantageous value of the energy efficiency ratio, which was 2.25 (a 20 per cent increase as compared with the control).*

## ANALIZA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ PROEKOLOGICZNYCH SPOSOBÓW OGRANICZANIA ZACHWASZCZENIA PSZENICY JAREJ

### Streszczenie

*W doświadczeniu polowym badano efektywność energetyczną proekologicznych sposobów ograniczania stanu zachwaszczenia pszenicy jarej. W porównaniu do bronowania (kontrola), zastosowanie odchwaszczania za pomocą herbicydu (Chwastox extra 300SL) powodowało zwiększenie skumulowanego nakładu energii o 7%, zwiększenie wielkości plonu o 12% (nie potwierdzone statystycznie) i wskaźnika efektywności energetycznej o 5%. Zastosowanie wsiewki z koniczyny białej – traktowanej jako sposób ograniczenia zachwaszczenia spowodowało zwiększenie nakładu energii skumulowanej o 3%. Na obiektach tych stwierdzono również istotne zwiększenie plonu ziarna (o 24% w porównaniu do kontroli), co spowodowało osiągnięcie najkorzystniejszej wielkości wskaźnika efektywności energetycznej wynoszącej 2,25 (zwiększenie w porównaniu do kontroli o 20%).*

### Oznaczenia

$E_{cg}$  – energochłonność pracy ciągnika, [MJ·ha<sup>-1</sup>],

$E_e$  – wskaźnik efektywności energetycznej,

$E_m$  – energochłonność pracy maszyn, [MJ·ha<sup>-1</sup>],

$E_{tech}$  – energochłonność badanej technologii, [MJ·ha<sup>-1</sup>],

$f$  – wskaźnik obciążenia silnika podczas wykonywania zabiegu,

$h$  – czas potrzebny do wykonania zabiegu, [h],  $M_c$  – sumaryczna masa ciągników użytych do wykonania danego zabiegu, [kg],

$M_m$  – sumaryczna masa maszyny użytej do wykonania danego zabiegu, [kg],

$N_s$  – moc nominalna silnika, [kW],

$P_e$  – wartość energetyczna plonu, [MJ·ha<sup>-1</sup>],

$q$  – jednostkowe zużycie paliwa przez silnik, [kg·kWh<sup>-1</sup>],

$Q$  – ilość zużytego paliwa, [kg],

$T_{nc}$  – normatywna liczba godzin pracy ciągnika w okresie jego użytkowania [h],

$T_{nm}$  – normatywna liczba godzin pracy maszyny w okresie jej użytkowania [h],

$W_{ec}$  – wskaźnik jednostkowej energochłonności ciągników, [MJ·kg<sup>-1</sup>],

$W_{em}$  – wskaźnik jednostkowej energochłonności maszyny, [MJ·kg<sup>-1</sup>],

$W_z$  – wskaźnik jednostkowej energochłonności części zamiennych, [MJ·kg<sup>-1</sup>],

$W_{07}$  – wydajność eksploatacyjna agregatu podczas wykonywania danego zabiegu, [ha·h<sup>-1</sup>],

$Z_c$  – masa zużytych części zamiennych w ciągniku, [kg],

$Z_m$  – masa zużytych części zamiennych w maszynie, [kg],

$\Sigma E_{agr}$  – suma energochłonności stosowanych agregatów, [MJ·ha<sup>-1</sup>],

$\Sigma E_{mat}$  – suma energochłonności stosowanych materiałów, [MJ·ha<sup>-1</sup>],

$\Sigma E_{pal}$  – suma energochłonności zużytego paliwa, [MJ·ha<sup>-1</sup>].

### 1. Wstęp

Prowadzenie produkcji roślinnej w warunkach rolnictwa ekologicznego wymusza rezygnację ze stosowania chemicznych środków ochrony roślin w tym herbicydów. Sytuacja taka może doprowadzić do nadmiernego zachwaszczenia roślin co w konsekwencji powoduje wyraźne obniżenie plonu [10]. Znaczna część prowadzonych aktualnie badań dotyczy wpływu poza chemicznych metod odchwaszczania roślin na wielkość i strukturę plonu [8], oraz stan i strukturę zachwaszczenia [2, 8]. W badaniach tych nie podejmuje się jednak problematyki efektywności energetycznej stosowanych metod odchwaszczania roślin. Przydatność różnych technologii produkcji można oceniać pod względem ekonomicznym [11] lub energetycznym [5, 6] a wyznaczając wskaźnik efektywności energetycznej można wskazać technologię najbardziej korzystną z punktu widzenia nakładów i zysków energetycznych [9].

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu trzech sposobów ograniczania stanu

zachwaszczenia na wielkość wskaźnika efektywności energetycznej produkcji pszenicy jarej.

## 2. Warunki i metody badań

Jednoczynnikowe doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2001-2003 w Małej Cerkwicy położonej koło Chojnic. Doświadczenia założono w czterech powtórzeniach w układzie losowanych bloków. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 0,3 ha.

Badanym czynnikiem były sposoby ograniczania stanu zachwaszczenia pszenicy jarej:

- A – bronowanie w fazie krzewienia, (kontrola),
- B – oprysk herbicydem (Chwastox extra 300SL 2,5 l·ha<sup>-1</sup>) na początku fazy krzewienia,
- C – zastosowanie wsiewki z koniczyny białej (15 kg·ha<sup>-1</sup>), siew łączny z pszenicą.

Pszenica uprawiana była w stanowisku po kukurydzy na kiszonce nawożonej pełną dawką obornika. Wysiewu w ilości 170 kg·ha<sup>-1</sup>, dokonywano w pierwszej dekadzie kwietnia.

W doświadczeniu zastosowano następujące zabiegi agrotechniczne:

- podorywkę – broną talerzową o szerokości roboczej 3m, jesienią po zbiorze kukurydzy,
- orkę przedzimową – pługiem 3-skbowym,
- wiosną zastosowano wysiew nawozów mineralnych – rozsiewaczem zawieszanym (N012),
- agregat doprawiający (brona ciężka + wał strunowy), o szerokości roboczej 2,8 m,
- siew siewnikiem zbożowym – (S068).

Pielęgnacja została wykonana według metodyki: na obiekcie A – zastosowano bronowanie broną polową o szerokości roboczej 5,2 m, na obiekcie z zastosowaniem herbicydu zastosowano oprysk Chwastoxem przy użyciu opryskiwacza polowego Pilmet 412.

Zbioru dokonano w fazie dojrzałości pełnej kombajnem zbożowym Z058, transport plonu odbywał się przyczepą rolniczą o ładowności 3,5 t.

Wymienione maszyny (poza broną talerzową) współpracowały z ciągnikiem o mocy 35 KW, broną talerzową agregatowano z ciągnikiem o mocy 57,2 KW. Wydajność praktyczną maszyn przyjęto za Muzalewskim [7] dla pola o powierzchni 1 ha.

Do analizy nakładów energetycznych ponoszonych na produkcję pszenicy jarej zastosowano metodykę energochłonności skumulowanej [1, 12]:

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

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

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

W celu określenia energochłonności pracy ciągnika wykorzystano zależność [1, 12]:

$$E_{cg} = \frac{M_c \cdot W_{ec} + Z_c \cdot W_z}{T_{nc} \cdot W_{07}} \quad [\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}] \quad (3)$$

Analogiczny wzór zastosowano do obliczenia energochłonności pracujących maszyn [1, 12]:

$$E_m = \frac{M_m \cdot W_{em} + Z_m \cdot W_z}{T_{nm} \cdot W_{07}} \quad [\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}] \quad (4)$$

Energochłonność pracujących agregatów wyliczono sumując energochłonność ciągnika i współpracującej z nim maszyny.

Ilość zużytego paliwa wyliczono według wzoru [4]:

$$Q = N_s \cdot q \cdot h \cdot f \quad [\text{kg}] \quad (5)$$

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<sup>-1</sup> N, potasowych 10 MJ·kg<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, fosforowych 15 MJ·kg<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dla pestycydów 300 MJ·kg<sup>-1</sup> substancji aktywnej. Wielkość nakładów energii wniesionej w formie nasion pszenicy przyjęto na poziomie 9 MJ·kg<sup>-1</sup>, nasion koniczyny białej 30 MJ·kg<sup>-1</sup>, oleju napędowego 48 MJ·kg<sup>-1</sup> [12].

Wskaźnik efektywności energetycznej obliczono według zależności podanej przez Harasima [3]:

$$E_e = P_e / E_{tech} \quad (6)$$

Plon ziarna przemnożono przez wartość energetyczną ziarna zbóż (9,0 MJ·kg<sup>-1</sup>) wyznaczając w ten sposób wartość energetyczną plonu ( $P_e$ ) w MJ·ha<sup>-1</sup>.

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

Nakłady energii poniesione na produkcję pszenicy jarej wahały się w granicach od 13,39 do 14,32 GJ·ha<sup>-1</sup> (tab. 1). Niezależnie od sposobu ograniczania stanu zachwaszczenia największą energię w całości nakładów energetycznych wniesiono w formie materiałów. Ilość energii dostarczonej w tym strumieniu wynosiła około 62%. Wynikało to głównie ze stosowania nawożenia mineralnego. W porównaniu do obiektu kontrolnego (bronowanie), zastosowanie oprysku herbicydem spowodowało zwiększenie nakładów energii wniesionej w formie materiałów o 9%, natomiast zastosowanie wsiewki koniczyny o 7%. Energia wniesiona w formie paliwa stanowiła około 25% nakładów energetycznych. Największy jej udział wystąpił na obiektach, na których zastosowano bronowanie (25,9%).

W porównaniu do skumulowanych nakładów energii poniesionych na uprawę pszenicy, w której zastosowano ograniczanie zachwaszczenia poprzez bronowanie (13,39 GJ·ha<sup>-1</sup>), zastosowanie oprysku herbicydem spowodowało wzrost nakładów energii o 7% (tab. 1). Zastosowanie wsiewki z koniczyny białej generowało wzrost nakładów energii o ponad 3%.

Nakłady pracy ludzkiej poniesionej w całości kształtowały się na poziomie 12,36 rbh·ha<sup>-1</sup> na obiekcie kontrolnym – bronowanie (tab. 1). Podobną wartość uzyskano stosując ograniczanie zachwaszczenia za pomocą wsiewki z koniczyny. Na obiektach, na których stosowano herbicydy czas pracy ludzkiej uległ zwiększeniu o ponad 5%.

Tab. 1. Wpływ sposobów ograniczania zachwaszczenia na wielkość nakładów energetycznych i pracy ludzkiej poniesionych na uprawę pszenicy jarej

Table 1. Influence of weed control methods on energy outlays amount and human labour for spring wheat growing

Sposób ograniczania zachwaszczenia	Strumienie energii [GJ·ha <sup>-1</sup> ]			Skumulowany nakład energii [GJ·ha <sup>-1</sup> ]	Nakład pracy ludzkiej [rbh·ha <sup>-1</sup> ]
	Energia agregatów	Energia paliwa	Energia materiałów		
bronowanie	1,70	3,47	8,22	13,39	12,36
oprysk herbicydem	1,76	3,59	8,97	14,32	13,00
wsiewka koniczyny	1,72	3,46	8,67	13,85	12,33

Tab. 2. Wpływ sposobów ograniczania zachwaszczenia na efektywność energetyczną uprawy pszenicy jarej

Table 2. Influence of weed control methods on energy efficiency of spring wheat growing

Sposób ograniczania zachwaszczenia	Badany parametr		
	Skumulowany nakład energii [GJ·ha <sup>-1</sup> ]	Energia uzyskana z plonem [GJ·ha <sup>-1</sup> ]	Wskaźnik efektywności energetycznej
bronowanie	13,39	25,16	1,88
oprysk herbicydem	14,32	28,23	1,97
wsiewka koniczyny	13,85	31,19	2,25
NIR <sub>α0,05</sub>	-	3,569*	-

Stosowane sposoby ograniczania stanu zachwaszczenia pszenicy w istotny sposób różnicowały wielkość uzyskanego plonu ziarna. Zastosowanie bronowania pozwoliło uzyskać plon ziarna wynoszący 2,8 t·ha<sup>-1</sup>, co stanowi równowartość 25,16 GJ·ha<sup>-1</sup> (tab. 2). Ograniczenie zachwaszczenia za pomocą herbicydu spowodowało zwiększenie plonu ziarna o 12% - różnica ta nie została potwierdzona statystycznie. Wsiewka koniczyny zwiększyła plon ziarna o 24% w porównaniu do kontroli (różnica potwierdzona statystycznie).

Parametrem, który umożliwia pełne porównanie różnych technologii produkcji oraz ich efektów jest wskaźnik efektywności energetycznej. Stosując bronowanie pszenicy jako metodę ograniczającą jej zachwaszczenie wielkość tego wskaźnika kształtuje się na poziomie 1,88 (tab. 2). Zastosowanie herbicydu poprawia wielkość tego wskaźnika o 5%. Najbardziej korzystną wartość wskaźnika efektywności energetycznej uzyskano stosując wsiewkę koniczyny białej. Wartość wskaźnika wyniosła 2,25 i była większa od uzyskanej na obiekcie kontrolnym o 20%.

#### 4. Wnioski

1. Zastosowanie herbicydu powoduje zwiększenie nakładów energetycznych (o 7%) i pracy ludzkiej (o 5%) ponoszonych na produkcję pszenicy jarej.
2. Najkorzystniejszym sposobem ograniczania zachwaszczenia pszenicy jest stosowanie wsiewki z koniczyny białej. Powoduje ona zwiększenie plonu o 24% i wskaźnika efektywności energetycznej o 20%.

#### 5. Literatura

- [1] Anuszewski R., Pawlak J., Wójcicki Z.: Energochłonność produkcji rolniczej. Metodyka badań energochłonności produkcji surowców żywnościowych. IBMER Warszawa 1979.
- [2] Feledyn-Szewczyk B., Duer I.: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie, Monografia tom 2, s. 68-76. PIMR, Poznań 2005.

- [3] 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.
- [4] Karwowski T.: Podstawy zespołowego użytkowania maszyn (ZUM). IBMER, Warszawa 1998.
- [5] Kisiel R., Stolarski M., Szczukowski S., Tworowski J.: Energochłonność i efektywność energetyczna uprawy wierzby krzewiastej. Fragmenta Agronomica 2003, 3 (79), s. 87-97.
- [6] Kwaśniewski D.: Ocena wybranych technologii uprawy wierzby energetycznej w aspekcie ponoszonych nakładów. Inżynieria Rolnicza 2006, 3 (78), s. 217-224.
- [7] Muzalewski A.: Koszty eksploatacji maszyn. IBMER, Warszawa 2007.
- [8] Piskier T.: Proekologiczne sposoby ograniczania zachwaszczenia pszenicy jarej. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2003, Vol. 48 (2) s. 23-25.
- [9] Piskier T.: Efektywność energetyczna uprawy wierzby w różnych warunkach glebowych. Inżynieria Rolnicza 2008, 2 (100).
- [10] Praczyk T., Adamczewski K.: Chwasty w zbożach ozimych. Ochrona Roślin 1999, nr 8, s. 6-7.
- [11] Šařec P., Šařec O., Dobek T., Srb K.: Analiza technologii produkcji buraka cukrowego w zależności od różnych technologii przygotowania roli. Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowej Inżynieria Rolnicza a Środowisko. Międzyzdroje 2008, s. 74-75.
- [12] Wójcicki Z.: Wyposażenie i nakłady materiałowo-energetyczne w rozwojowych gospodarstwach rolniczych. IBMER, Warszawa 2002.
- [13] Wójcicki Z.: Energia odnawialna, biopaliwa i ekologia. Problemy Inżynierii Rolniczej, 2007, nr 2, s. 5-18.