

Ocena możliwości pozyskiwania biomasy z mozgi trzcinowatej na cele energetyczne

J. KSIEŻAK, A. FABER

Zakład Uprawy Roślin Pastewnych, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Evaluation of possibility gain of biomass with red canarygrass on energy

Abstract. The research was conducted in 2004-2006 in the Experimental Station in Osiny on a field experiment established with no replications. Bamse (Swedish) variety of red canarygrass was used in this experiment. The harvested area amounted to 400 m². Two soil suitability complexes: cereal-fodder strong (8) and good rye (5) were the factor of the first level, whereas frequency of the harvest (once or twice) was the factor of the second level. Evaluation of the possibilities of biomass production for energy purposes from red canarygrass cultivated on the two different types of soil was aim of the research.

K e y w o r d s: red canarygrass, biomass, yield, energy

1. Wstęp

W strategiach rozwoju energetyki wielu krajów coraz większy nacisk kładzie się na pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych. Mimo licznych dyskusji nad ekonomiczną opłacalnością ich stosowania nie ulega wątpliwości, że wykorzystanie alternatywnych źródeł energii wydaje się w obecnej dobie koniecznością chociażby z tytułu niezależnienia się człowieka od ograniczonych zasobów paliw kopalnych (GOGÓL, 2001; GRADZIUK, 2001). W Polsce największą szansę upatruje się w wykorzystaniu biomasy, która jest obecnie najpowszechniej dostępnym i często najtańszym źródłem energii odnawialnej. Ponadto może być wykorzystywana jako paliwo stałe (zrębki) (SZCZUKOWSKI i wsp., 1998), pelet – granulát (STOLARSKI i wsp., 2003) lub można ją przetworzyć do wtórnych nośników energii; paliw gazowych – CO₂ (SZCZUKOWSKI i TWORKOWSKI, 2001) i wodorowych (wodór, metanol) (CIECHANOWICZ, 1997). Produkcja rolnicza na cele energetyczne w Polsce miała małe znaczenie, jednak przewidywany jest jej dynamiczny rozwój, co znajduje odpowiednie umocowanie w regulacjach prawnych krajowych oraz UE (EU COMMISSION, 2000; STRATEGIA, 2001; USTAWA, 2003). Źródłem biomasy na cele energetyczne w naszych warunkach mogą być gatunki różnych roślin, w tym również trawy uprawiane na gruntach ornych (KATTERER i ANDREN, 1999).

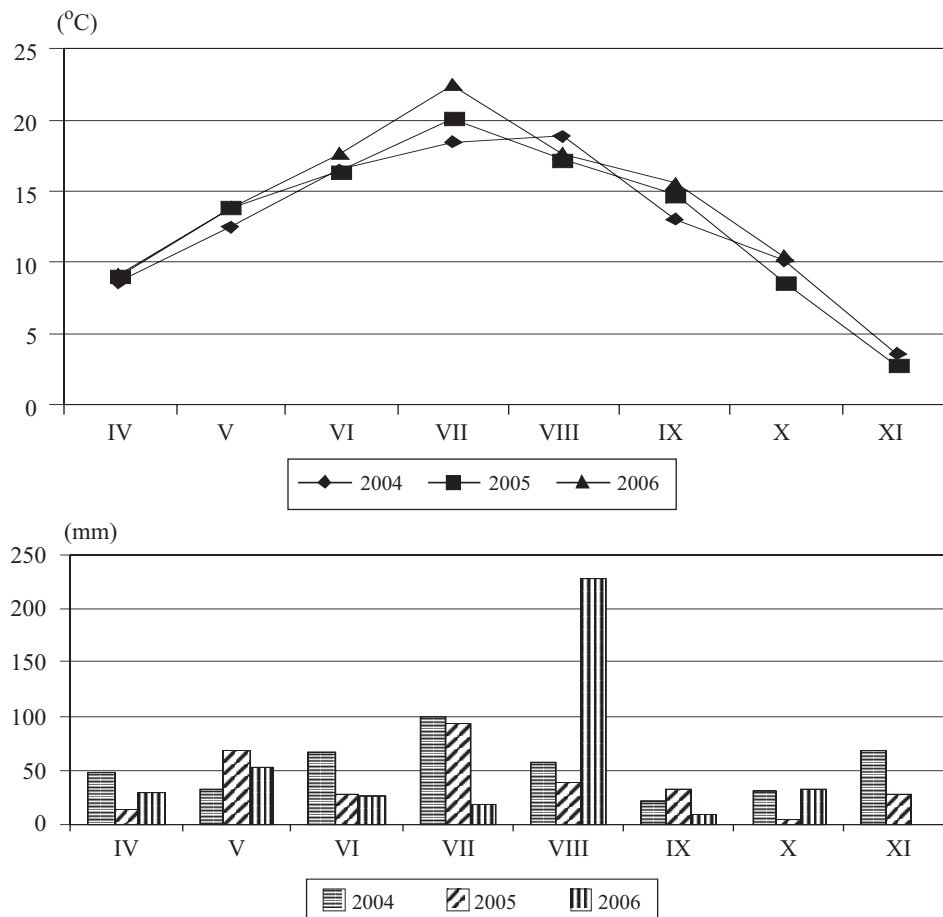
Celem niniejszego opracowania była ocena możliwości pozyskiwania biomasy na cele energetyczne z mozgi trzcinowatej uprawianej na glebach dwóch kompleksów przydatności rolniczej.

2. Materiał i metody

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2004-2006 w SD Puławy-Osiny. Czynnikiem I rzędu były gleby zaliczane do dwóch kompleksów przydatności rolniczej: zbożowo-pastewny mocny (8) i żytni dobry (5), a czynnikiem II rzędu była częstotliwość zbioru; zbiór jednokrotny i dwukrotny. Zakładano je jako łanowe, bezpowtórzeniowe, powierzchnia na każdej glebie wynosiła 400 m². Plon określono na poletkach o powierzchni 12 m² (w 4 miejscach). Nasiona mozgi trzcinowatej (odmiana szwedzka Bamse) wysiano w ilości 15 kg ha⁻¹, 28 kwietnia 2004 r. w siewie czystym, w rzędy o rozstawie 12 cm na głębokość 2 cm. Przedplonem były zboża. Nawożenie mineralne w roku siewu było następujące (kg ha⁻¹): N– 60, P₂O₅ – 60 i K₂O – 80. W latach następnych na wiosnę niezależnie od częstotliwości zbioru stosowano (kg ha⁻¹): N– 75, P₂O₅ – 50, K₂O – 80, natomiast w użytkowaniu dwukośnym po zbiorze pierwszego pokosu zastosowano dodatkowo 60 kg ha⁻¹ azotu. W użytkowaniu dwukośnym zbiór pierwszego pokosu w roku 2005 wykonano 14 lipca, w 2006 roku 22 czerwca, natomiast drugiego i obiektu losowego jednokrotnie zbiór przeprowadzono, odpowiednio, 4 listopada i 22 października. Określono plon suchej masy i jej zawartość, a przed zbiorem wyleganie łanu (skala 9-stopniowa). Wyniki doświadczenia opracowano statystycznie oceniając istotność różnic za pomocą testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Obliczenia wykonano korzystając z programu analiza wariancji ANWAR-IUNG Puławy.

3. Wyniki i dyskusja

Na wzrost, rozwój i plonowanie mozgi trzcinowatej znaczący wpływ miały oceniane w badaniach czynniki (częstotliwość zbioru oraz gleba), ale także przebieg pogody w okresie wegetacji (ryc. 1). W roku siewu w miarę równomiernie rozłożone opady zapewniły zadowalające, równomierne wschody roślin, dobrą obsadę i zwartość łanu. W tym roku mozgę zbierano jeden raz, a poziom plonowania był taki sam na obu glebach (tab. 1). Zawartość suchej masy wynosiła 28%. Na glebie kompleksu żytniego dobrego, zbierając mozgę jednokrotnie, większe plony uzyskano w 2006 roku niż w roku 2005 (tab. 1). Spowodowane to było głównie bardzo dużymi opadami w sierpniu sprzyjającymi intensywnemu wzrostowi roślin po suszy, jaka wystąpiła w lipcu. Natomiast na obiekcie użytkowanym dwukrotnie, w obu latach badań, poziom plonowania był zbliżony. Na glebie kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego przy zbiorze jednokrotnym w pierwszym roku pełnego użytkowania (2005 r.) uzyskano większe plony niż w roku 2006. Było to konsekwencją wylegania roślin i ich podgnięcia spowodowanego dużymi opadami (sierpień). Przy dwukrotnym zbiorze na tej glebie lepiej plonowała mozga w roku 2006.



Ryc. 1. Przebieg warunków atmosferycznych podczas wegetacji mozgi trzcinowej
 Fig. 1. Course of weather conditions during the vegetation of red canarygrass

Znacznie korzystniejszym sposobem pozyskiwania biomasy z mozgi trzcinowej na cele energetyczne był zbiór dwukrotny. Uzyskane plony suchej masy niezależnie od gleby na jakiej była uprawiana były istotnie większe. Stwierdzono także, że średnio za 2 lata różnice w plonach między zbiorem jednokrotnym, a zbiorem dwukrotnym na glebie kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego były większe ($5,7 \text{ t ha}^{-1}$) niż na glebie zaliczanej do kompleksu żytniego dobrego ($4,8 \text{ t ha}^{-1}$). Plony suchej masy mozgi trzcinowej wynoszące około 12 t z ha uzyskano zbierając ją w 2-3 pokosach (BIOMATNET, 2006). Według tych badań gatunek ten może być także wykorzystywany do zmniejszania koncentracji azotu i fosforu w glebie, a także wykorzystywany do ochrony gleb przed erozją. Trwałe użytki zielone zbierane 4-krotnie umożliwiają uzyskanie większego plonu suchej masy ($12,5 \text{ t ha}^{-1}$) i ilości wyprodukowanego biogazu (metanu), niż zbierane 3-krotnie (11 t ha^{-1}) (LÜTKE ENTRIP i GRÖBLINGHOFF, 2005). Według tych samych

Tabela 1. Plony suchej masy mozgi trzcinowatej w zależności od częstotliwości zbioru ($t\ ha^{-1}$)
 Table 1. Dry matter yields of red canarygrass in dependence on harvesting frequency ($t\ ha^{-1}$)

Częstotliwość zbioru Harvesting frequency	2004		2005		2006	
	żytni dobry good rey (5)	Zbożowo- pastewny mocny cereal-fod- der strong complex (8)	żytni dobry good rey (5)	Zbożowo- pastewny mocny cereal-fod- der strong complex (8)	żytni dobry good rey (5)	Zbożowo- pastewny mocny cereal-fod- der strong complex (8)
Użytkowanie jednokośnie One-cutting use	4,6	4,6	9,3a	13,1b	10,3c	11,7d
Użytkowanie dwukośnie Two-cutting use			14,6a	16,3b	14,5a	19,8c
– I pokos cut	4,6	4, 6	10,2a	11,7b	11,1b	14,1c
– II pokos cut			4,4a	4,6a	3,4b	5,7c

* Wartości w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie

* Values in lines marked with the same letter do not differ significantly

autorów opóźnienie zbioru powoduje wzrost plonu biomasy, ale jednocześnie zmniejszenie wydajności biogazu i koncentracji energii w 1 kg suchej masy. Jednym z powodów niższego plonowania mozgi zbieranej jednokrotnie jest jej silne wyleganie po zakończeniu wegetacji, które powoduje podgniwanie roślin, a nawet ich wypadanie.

Bardziej przydatna do uprawy tego gatunku była gleba zaliczana do 8 kompleksu przydatności rolniczej (tab. 2). Uzyskane plony średnio za 2 lata, niezależnie od częstotliwości koszenia, były większe o około 26% niż na glebie kompleksu żytniego dobrego. Na glebie lżejszej (5 kompleks) zbierając mozgę jednokrotnie większe plony uzyskano w 2006 roku niż roku 2005, natomiast zbierając dwa pokosy poziom plonowania w obu latach był zbliżony. Natomiast na glebie cięższej (8 kompleks) przy zbiorze jednokrotnym w pierwszym roku pełnego użytkowania (2005 r.) uzyskano większe plony niż w roku 2006. Przy dwukrotnym zbiorze na tej glebie lepiej plonowała mozga w roku 2006.

Na zawartość suchej masy w roślinach mozgi w znaczący sposób wpływała częstotliwość zbioru w okresie wegetacji (tab. 3). Wyższą zawartością charakteryzowały się rośliny zbierane jednokrotnie późną jesienią. Natomiast najmniej suchej masy zawierały rośliny zbierane w pierwszym pokosie przy dwukrotnym zbiorze porostu. Zdecydowanie mniejszy wpływ na zawartość suchej masy miała gleba, a różnice były nieistotne. Tylko w roku 2006 rośliny uprawiane na glebie cięższej i zbierane jednokrotnie odznaczały się większą jej ilością niż uprawiane na glebie lżejszej.

Wyleganie łanu mozgi było znacząco uzależnione od ilości zbiorów w okresie wegetacji (tab. 4). Silniej we wszystkie lata wylegały rośliny (niezależnie od gleby) jednokrotnie koszone w okresie wegetacji, co powodowało spore utrudnienia w czasie zbioru. Natomiast najmniej wylegał łan w drugim odróście przy dwukrotnym użytkowaniu.

Tabela 2. Plony mozgi trzcinowatej w zależności od gleby ($t\ ha^{-1}$)
 Table 2. Dry matter yields of red canarygrass in dependence on soil ($t\ ha^{-1}$)

Częstotliwość zbioru Harvesting frequency	Żytni dobry good rey (5)	Zbożowo-pastewny mocny cereal-fodder strong complex (8)
Użytkowanie jednokośne One-cutting use	9,8a	12,4b
Użytkowanie dwukośne Two-cutting use	14,6a	18,1b
– I pokos cut	10,7a	12,9b
– II pokos cut	3,9a	5,2b

* Wartości w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie

* Values in lines marked with the same letter do not differ significantly

Tabela 3. Zawartość suchej masy mozgi trzcinowatej w zależności od częstotliwości zbioru (%)
 Table 3. Dry matter content in plants of red canarygrass in dependence on harvesting frequency (%)

Częstotliwość zbioru Harvesting frequency	2005		2006	
	Żytni dobry good rey (5)	Zbożowo-pastew- ny mocny cereal-fodder strong complex (8)	Żytni dobry good rey (5)	Zbożowo-pastew- ny mocny cereal-fodder strong complex (8)
Użytkowanie jednokośne One-cutting use	75,0a	74,8a	52,2b	56,6b
Użytkowanie dwukośne Two-cutting use				
– I pokos cut	32,0a	33,4a	28,4b	28,6b
– II pokos cut	56,2a	54,6a	40,4b	37,7b

* Wartości w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie

* Values in lines marked with the same letter do not differ significantly

Zawartość składników mineralnych w suchej masie mozgi oznaczono w roślinach uprawianych na glebie kompleksu zbożowo-pastewnego mocnego i przedstawiono jako średnie z dwóch lat (tab. 5). Zawartość węgla i sodu w suchej masie ulegała małemu różnicowaniu w zależności od częstotliwości zbioru i wynosiła odpowiednio 44,7% do 45,1%, natomiast średnia zawartość sodu wynosiła $0,005\ mg\ kg^{-1}$. Najwięcej azotu było zawarte w roślinach w drugim pokosie zbieranych dwukrotnie późną jesienią, natomiast najmniej tego składnika zawierały rośliny w pierwszym pokosie użytkowane również dwukrotnie. Zwiększona ilość azotu może się wiązać ze zwiększoną emisją NO_x w spaliniach. Największa koncentracja fosforu podobnie jak N była w roślinach w drugim pokosie zbieranych dwukrotnie, natomiast najmniejsza w koszonych jednokrotnie. Większą koncentracją potasu charakteryzowały się rośliny użytkowane jednokrotnie. Wysoka zawartość potasu może obniżać punkt topnienia popiołu w czasie spalania co pogarsza

Tabela 4. Wyleganie ładu w zależności od częstotliwości zbioru (skala 9⁰)
 Table 4. Stand lodging in dependence on harvesting frequency (9⁰ – scale)

Częstotliwość zbioru Harvesting frequency	2005		2006	
	Żytni dobry good rey (5)	Zbożowo-pastew- ny mocny cereal-fodder strong complex (8)	Żytni dobry good rey (5)	Zbożowo-pastew- ny mocny cereal-fodder strong complex (8)
Użytkowanie jednokośne One-cutting use	6,5a	6,3a	6,1ab	5,7b
Użytkowanie dwukośne Two-cutting use				
– I pokos cut	6,8a	6,8a	7,4b	8,1b
– II pokos cut	8a	7,8a	8,3a	8,0a

* Wartości w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie

* Values in lines marked with the same letter do not differ significantly

Tabela 5. Skład chemiczny suchej masy mozgi trzcinowatej w zależności od częstotliwości zbioru
 (średnie z 2 lat)

Table 5. Chemical composition dry matter of red canarygrass in dependence on harvesting frequency (mean from 2 years)

Częstotliwość zbioru Harvesting frequency	N	P	K	SiO ₂	Cl	Cd	Cu	Pb	Zn
	%					mg kg ⁻¹			
Użytkowanie jednokośne One-cutting use	1,22	0,115	2,31	0,41	0,64	0,030	4,21	0,21	23,2
Użytkowanie dwukośne Two-cutting use									
– I pokos cut	1,07	0,142	1,27	1,88	0,73	0,035	3,94	0,37	33,8
– II pokos cut	1,32	0,172	1,88	1,35	0,31	0,050	4,97	0,46	33,1

efektywność tego procesu (JØRGENSEN i SCHELDE, 2001). Natomiast wysoka koncentracja krzemionki może przyczyniać się do nadmiernego osadzania się kamienia kotłowego w piecach (CZYŻ i DAWIDOWSKI, 2004). Znacznie większą jego zawartością odznaczały się rośliny zbierane jednokrotnie oraz w drugim pokosie zbierane dwukrotnie niż rośliny użytkowane jednokrotnie. Zawartość chloru była około dwukrotnie mniejsza w roślinach zbieranych jednokrotnie niż w roślinach koszonych dwukrotnie. Wysoka zawartość tego składnika może prowadzić do nadmiernej emisji rakotwórczych dioksyn. Zawartość kadmu, miedzi, ołowiu i cynku zwiększała się w roślinach wraz z ich wzrostem i starzeniem się; najwięcej tych składników zawierały rośliny zbierane jednokrotnie, natomiast najmniej w pierwszym pokosie użytkowane dwukrotnie.

4. Podsumowanie

Dwukrotny zbiór mozgi trzcinowatej umożliwia uzyskanie o 17% (średnio za dwa lata) więcej biomasy z 1 ha na cele energetyczne niż zbiór jednokrotny. Bardziej przydatna do uprawy tego gatunku była gleba zaliczana do kompleksu zbożowo-pastewnego, a uzyskane plony niezależnie od częstotliwości koszenia, były większe o około 26% niż na glebie kompleksu żytniego dobrego (średnio za 2 lata). Rośliny mozgi zbierane jednokrotnie późną jesienią charakteryzowały się największą zawartością suchej masy, najmniej tego składnika zawierały rośliny zbierane w pierwszym pokosie przy dwukrotnym zbiorze porostu.

Najwięcej azotu, fosforu, krzemionki, kadmu, miedzi, ołowiu i cynku zawierały rośliny zbierane jednokrotnie późną jesienią, natomiast zawartość chloru była w nich około dwukrotnie mniejsza niż w roślinach koszonych dwukrotnie. Większą koncentracją potasu charakteryzowały się rośliny zbierane w pierwszym pokosie użytkowane dwukrotnie.

Literatura

- BIOMATNET, 2006. <http://www.biomatnet.org/secure/Crops/S611.htm>.
- CIECHANOWICZ W., 1997. Energia, Środowisko i Ekonomia. PAN, Instytut Badań Systemowych, Warszawa, ss. 274.
- CZYŻ H., DAWIDOWSKI B., 2004. Charakterystyka i wykorzystanie biomasy z upraw polowych, jako źródła energii odnawialnej. www.fundacjarozwoju.szczecin.pl
- EU COMMISSION, 2002. Green paper. Towards European strategy for the security of energy supply. Brussels, 2000, Com. 321.
- GOGÓŁ W., 2001. Możliwości wykorzystania energii odnawialnych w Polsce. W: Techniczne, ekologiczne i ekonomiczne aspekty energetyki odnawialnej w Polsce. Wydawnictwo SGGW Warszawa, 12-25.
- GRADZIUK P., 2001. Wykorzystanie energetyczne słomy i innych nośników energetycznych z biomasy w gospodarstwie rolnym. Materiały Szkoleniowe „Proekologiczne i efektywne ekonomicznie technologie uprawy roślin”, IUNG Puławy, 138-145.
- JØRGENSEN U., SCHELDE K., 2001. Energy crop water and nutrient use efficiency. The International Energy Agency IEA Bioenergy Task 17, Short Rotation Crops.
- KATTERER T., ANDREN O., 1999. Growth dynamics of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) and its allocation of biomass and nitrogen below ground in a field receiving daily irrigation and fertilisation. *Nutrient-Cycling-in-Agroecosystems*, 54 (1), 21-29.
- LÜTKE ENTRUP N., GRÖBLINGHOFF F. F., 2005. Erzeugung von Biomasse vom Grünland und in Ackerbau, http://www.duesse.de/znr/veranstaltungen/biogas_2005/luetke_entrup.pdf.
- STOLARSKI M., SZCZUKOWSKI S., TWORKOWSKI J., KISIEL R., 2003. Pelety z biomasy wierz krzewiastych. *Więś Jutra*, 9, 12-13.
- STRATEGIA, 2001. Strategia rozwoju energetyki odnawialnej – przyjęta przez sejm RP, 23. 08. 2001.
- SZCZUKOWSKI S., TWORKOWSKI J., 2001. Produktywność oraz wartość energetyczna biomasy wierz krzewiastych *Salix* spp. na różnych typach gleb w pradolinie Wisły. *Postępy Nauk Rolniczych*, 2, 29-36.

SZCZUKOWSKI S., TWORKOWSKI J., KWIATKOWSKI J., 1998. Możliwości wykorzystania biomasy *Salix* spp. pozyskiwanej z gruntów ornyczych jako ekologicznego paliwa oraz surowca do produkcji celulozy i płyt wiórowych. *Postępy Nauk Rolniczych*, 2, 53-63.

USTAWA, 2003. Ustawa z 2 10. 2003 r., o biokomponentach stosowanych w paliwach ciekłych i biopaliwach ciekłych.

Evaluation of possibility gain of biomass with red canarygrass on energy

J. KSIĘŻAK, A. FABER

*Department of Forage Crop Production, Institute of Soil Science and Plant Cultivation
– National Research Institute*

Summary

The research was conducted in 2004-2006 in the Experimental Station in Osiny on a field experiment established with no replications. Bamse (Swedish) variety of red canarygrass was used in this experiment. The harvested area amounted to 400 m². Two soil suitability complexes: cereal-fodder strong (8) and good rye (5) were the factor of the first level, whereas frequency of the harvest (once or twice) was the factor of the second level. Evaluation of the possibilities of biomass production for energy purposes from red canarygrass cultivated on the two different types of soil was aim of the research.

Harvest done twice was better way of biomass production than harvest done only once. The results showed that dry matter yields in this variant were significantly larger independently on the soil type. Cereal-fodder strong soil complex was more suitable for this species. The yields obtained on this soil (average for 2 years), independently on the frequency of the harvest, were bigger by about 26%. Plants of red canarygrass harvested once on late autumn were characterized by the highest concentration of dry matter, nitrogen, phosphorus, silicon, cadmium, copper, zinc and lead; whereas chlorine content was about twice lower than for the object harvested twice. For plants harvested twice concentration of potassium was higher in the first cut.

Recenzent – Reviewer: *Piotr Stypiński*

Adres do korespondencji – Adress for correspondence:

Doc. dr hab. Jerzy Książak

Zakład Uprawy Roślin Pastewnych,

IUNG-PIB

ul. Czartoryskich 8

24-100 Puławy

e-mail: jerzy.ksiazak@iung.pulawy.pl