

OCENA WARTOŚCI ENERGETYCZNEJ ODMIAN SORGA W ZALEŻNOŚCI OD TERMINU, GĘSTOŚCI SIEWU I NAWOŻENIA

LESZEK KORDAS, MAGDALENA GIEMZA-MIKODA, MARTA JABŁOŃSKA

*Katedra Kształtowania Agroekosystemów i Terenów Zieleni
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

leszek.kordas@up.wroc.pl

Synopsis. W czteroczynnikowym doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2009–2011 badano wpływ terminu siewu (I i II dekada maja), gęstości wysiewu (180, 210, 240 tys. roślin·ha⁻¹), dawek nawożenia NPK (100-50-100 i 150-75-150 kg·ha⁻¹) i odmian sorga (Sucrosorgo 506, SorhoSupersile, Rona 1) na przydatność jego biomasy do spalania. Spośród trzech badanych odmian wyższą wartością opałową cechowała się odmiana Sucrosorgo 506 i SorhoSupersile, niższą odmiana Rona 1. Przyspieszenie terminu siewu wpływa korzystnie na przydatność jego biomasy do spalania.

Słowa kluczowe – *keywords:* sorgo – *sorghum*, biomasa – *biomass*, gęstość siewu – *sowing rate*, termin siewu – *sowing time*, nawożenie – *fertilization*

WSTĘP

Sorgo uprawiane jest z sukcesem w Afryce, Azji USA jak i Ameryce Południowej, coraz większą popularność zdobywa również w Polsce. Spowodowane jest to zmianą klimatu, a przede wszystkim występowaniem okresowych susz [Skrzypczak i in. 2009]. Jest to gatunek o niskim współczynniku transpiracji i głębokim systemie korzeniowym mogącym pobierać wodę z głębszych warstw gleby, przez co roślina odporna jest na czasowe niedobory wody. Istnieje szeroki wachlarz możliwości wykorzystania sorga m.in. na paszę dla zwierząt, do produkcji papieru, alkoholu itd. Sprawdza się również jako roślina energetyczna [Machul i Księżak 2004, Sowiński 2009, Sowiński i Liszka-Podkowa 2008]. Do zalet sorga zalicza się wysoki potencjał plonowania, który zależy jest jednak od wielu czynników m. in. od terminu i gęstości siewu, nawożenia i warunków pogodowych. Ze względu na brak jednoznacznych informacji na temat potrzeb pokarmowych tej rośliny w warunkach naszego kraju, przyjmuje się normy nawozowe dla kukurydzy uprawianej na zielonkę. Ponieważ jednak sorgo odznacza się wyższym potencjałem plonotwórczym niż kukurydza zaleca się zwiększenie tej dawki o ok. 20–30% [Śliwiński i Brzózka 2009]. Zbyt gęsty wysiew tej rośliny spowoduje obniżenie plonu suchej masy na rzecz zwiększonego plonu zielonej masy. W literaturze podaje się optymalną gęstość siewu w granicach 220–240 tys. nasion·ha⁻¹, natomiast najlepsza rozstawa rzędów dla tej rośliny to 75–100 cm a odległość roślin w rzędzie mieści się w przedziale 5,5–6,7 cm i jest zależna od gęstości wysiewu [Gosek 2007, Kaczmarek 2007].

Ze względu na ograniczoną możliwość użytkowania energii ze źródeł konwencjonalnych (ropa, węgiel i gaz ziemny), powinno się korzystać z odnawialnych źródeł energii (OZE). Zapewniło by to większą niezależność i bezpieczeństwo naszego kraju [Budzyński i Bielski 2004a, Niedziółka i in. 2011]. Atrakcyjność OZE odzwierciedla się tym, iż występują one pod różnymi postaciami oraz tym, iż ich zasoby mogą być uzupełniane w naturalnych procesach przez co

są one praktycznie niewyczerpalne. Największym potencjalnym źródłem energii są substancje pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, czyli tzw. biomasa. Takie uzyskiwanie energii łączy ze sobą potrzeby ekonomiczne i ekologiczne [Budzyński i Bielski 2004a, 2004b].

Celem badań było określenie wpływu terminu i gęstości siewu oraz dawek nawozowych na wartość opałową i ciepło spalania biomasy uzyskanej z trzech odmian sorga (Sucrosorgo 506, SorhoSupersile, Rona 1).

MATERIAŁ I METODY

Podstawą badań było ściśle, czteroczynnikowe doświadczenie polowe zlokalizowane w Wilczycach pod Wrocławiem (51°07' N, 17°09' E) w latach 2009–2010. Zostało ono założone metodą pasów równoległych, w czterech powtórzeniach na glebie kompleksu żytniego dobrego, zaliczanego do klasy bonitacyjnej IVb. Przed założeniem doświadczenia gleba charakteryzowała się kwaśnym odczynem (pH w KCl – 5,2) i zawierała w warstwie ornej 0,70–0,97 g·kg⁻¹ azotu, 34,0–40,6 mg·kg⁻¹ fosforu i 92,5–127,5 mg·kg⁻¹ potasu. Powierzchnia jednego poletka wynosiła 550 m². Pierwszym czynnikiem badawczym były dwa terminy siewu: przyspieszony w I dekadzie maja i optymalny w III dekadzie. Drugim czynnikiem doświadczenia były trzy gęstości siewu: 180, 210 i 240 tys. nasion·ha⁻¹. Czynnikiem trzeciego rzędu były trzy odmiany sorga: Sucrosorgo 506, SorhoSupersile i Rona 1. Czwartym czynnikiem doświadczenia były dwie dawki nawożenia NPK: 100-50-100 i 150-75-150 kg·ha⁻¹. Zabieg chemicznego zwalczania chwastów wykonano herbicydem Lumax 537,5 SE – 1,5 l·ha⁻¹ w fazie BBCH13 sorga.

Ciepło spalania i wartość opałową suchej biomasy wyznaczono kalorymetrem w oparciu o metodę dynamiczną.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza wyników badań ciepła spalania oraz wartości opałowej pozwoliła na określenie odmiany, terminu, gęstości i dawki nawożenia cechującej się najwyższym jak i najniższym ciepłem i wartością spalania (tab. 2). Najwyższą wartość ciepła spalania zanotowano w przypadku odmiany Sucrosorgo 506 – 16631 kJ·kg⁻¹, natomiast najniższy wynik uzyskano przy spalaniu odmiany Rona 1 – 16515 kJ·kg⁻¹. Kieć i in. [2011] w swoich badaniach uzyskali zbliżoną, do uzyskanej w omawianym doświadczeniu, wartość ciepła spalania róży wielokwiatowej. Machul [2008] zaleca stosowanie następujących dawek: 30–60 kg·ha⁻¹ P₂O₅, 60–120 kg·ha⁻¹ K₂O oraz 80–120 kg·ha⁻¹ N. Są to więc dawki porównywalne z optymalną zastosowaną w doświadczeniu. Zwiększenie dawki nawożenia mineralnego przyczyniło się do wzrostu wartości ciepła spalania roślin. Termin siewu sorga wpłynął również na wartość badanego parametru. Zaobserwowano, że rośliny z poletek wysianych w terminie optymalnym charakteryzowały się nieznacznym wzrostem (o 13 kJ·kg⁻¹) ciepła spalania, w stosunku do tych wysianych w terminie przyspieszonym. Potwierdza to Hołubowicz-Kilza [2007], która stwierdziła, że najlepszym terminem siewu sorga jest okres od 20 maja do 10 czerwca i nie należy go przyspieszać. Również Machul [2008] zaznacza, że optymalny termin siewu przypada między 20 maja a 5 czerwca. Nie wykazano jednoznacznego wpływu wzrastającej gęstości siewu na wartość ciepła spalania. Najwyższym ciepłem spalania cechowały się rośliny wysiane przy gęstości 210 tys. nasion·ha⁻¹, a najniższym rośliny wysiane przy gęstości 180 tys.·ha⁻¹. Jak zauważyła w swoich badaniach Machul [2008] zalecana, optymalna gęstość siewu sorga powinna mieścić się w przedziale 220–240 tys. nasion

Tabela 1. Schemat doświadczenia

Table 1. Scheme of the experiment

Nazwa pełna – Full name
Czynnik I – termin siewu – Factor I – sowing time
T1 – I dekada maja – The first decade of May
T2 – II dekada maja – The second decade of May
Czynnik II – gęstość wysiewu (tys. nasion·ha ⁻¹) – Factor II – sowing rate (thous. seeds per ha)
180
210
240
Czynnik III – odmiany – Factor III – variety
Sucrosorgo 506
SorhoSupersile
Rona 1
Czynnik IV – nawożenie NPK (kg·ha ⁻¹) – Factor IV – fertilization NPK
100-50-100
150-75-150

Tabela 2. Ciepło spalania i wartość opałowa sorga (średnie z lat 2009–2010)

Table 2. Combustion heat and heating value of sorghum (means for years 2009–2010)

Objekty Treatments	Ciepło spalania Combustion heat	Wartość opałowa Heating value
Terminy siewu – Sowing times		
T1	16510	15533
T2	16523	15483
Gęstość wysiewu – Sowing rate		
180	16481	15425
210	16630	15575
240	16592	15525
Odmiany – Varieties		
Sucrosorgo 506	16631	15558
SorhoSupersile	16555	15525
Rona 1	16515	15442
Dawki nawożenia – The dose of fertilization (kg NPK·ha ⁻¹)		
100-50-100	16507	15422
150-75-150	16628	15594

na hektar. Zdaniem Goska [2007] zbyt gęsty siew sorga powoduje zwiększenie plonu zielonej masy, ale obniża zawartość suchej masy. Z kolei Hołubowicz-Kliza [2007] uważa, że zbyt rzadki siew może powodować krzewienie roślin i zwiększenie udziału grubych łodyg.

Najwyższą wartością ciepła spalania $17150 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ charakteryzowała się odmiana Rona 1 wysiana w drugim terminie, przy zwiększonej dawce nawożenia i gęstości wysiewu $240 \text{ tys}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 3). Natomiast najniższą wartością ciepła spalania – $16110 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ cechowała się również odmiana Rona 1 wysiana w optymalnym terminie ale z optymalną dawką nawożenia i gęstością wysiewu $210 \text{ tys. nasion}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tabela 3. Ciepło spalania sorga ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)Table 3. The combustion heat of sorghum ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Dawki nawożenia The dose of fertilization ($\text{kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Odmiany Varieties	Termin siewu – Sowing time					
		T1			T2		
		Gęstości wysiewu – Sowing rate (tys. – thous.·ha ⁻¹)					
		180	210	240	180	210	240
100-50-100	Sucrosorgo 506	16685	16870	16650	16595	16310	16465
	SorhoSupersile	16565	16825	16465	16395	16595	16595
	Rona 1	16500	16460	16520	16310	16110	16210
150-75-150	Sucrosorgo 506	16590	16765	16405	16245	16900	17090
	SorhoSupersile	16895	16750	16600	16210	16460	16310
	Rona 1	16315	16510	16640	16465	1700	17150

Najlepszymi właściwościami wartości opałowej charakteryzowała się odmiana Sucrosorgo 506 – $15558 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tab. 4). Zwiększenie dawek nawożenia korzystnie wpłynęło na wartość opałową sorga, która wynosiła $15594 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. Wysiew nasion w optymalnym terminie zapewnił

Tabela 4. Wartość opałowa sorga ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)Table 4. Heating value of sorghum ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Dawki nawożenia The dose of fertilization ($\text{kg NPK}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Odmiany Varieties	Termin siewu – Sowing time					
		T1			T2		
		Gęstości wysiewu – Sowing rate (tys. – thous.·ha ⁻¹)					
		180	210	240	180	210	240
100-50-100	Sucrosorgo 506	15600	15700	15500	15600	15400	15300
	SorhoSupersile	15500	15800	15400	15300	15600	15600
	Rona 1	15400	15200	15400	15200	15000	15100
150-75-150	Sucrosorgo 506	15500	15700	15400	15100	15900	16000
	SorhoSupersile	15900	15700	15600	15200	15400	15300
	Rona 1	15200	15500	15600	15600	16000	16100

uzyskanie wyższej wydajności energii o 1,1%, w porównaniu do roślin wysianych w terminie przyśpieszonym. Wartość opałowa sorga była zależna również od gęstości siewu. Zaobserwowano, że najlepszymi właściwościami energetycznymi ($15575 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) charakteryzowały się rośliny wysiane przy gęstości $210 \text{ tys. nasion}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast najniższą wartość opałową zaobserwowano u roślin wysianych przy gęstości $180 \text{ tys.}\cdot\text{ha}^{-1}$.

WNIOSKI

1. Spośród trzech badanych odmian wyższą wartością opałową cechowała się odmiana Sucro-sorgo 506 i SorhoSupersile, niższą odmiana Rona 1
2. Przyśpieszony termin siewu sorga wpływa korzystnie na przydatność jego biomasy do spalania.

PIŚMIENNICTWO

- Budzyński W., Bielski S. 2004a. Surowce energetyczne pochodzenia rolniczego. Cz. I. Biokomposty paliw płynnych (artykuł przeglądowy). Acta Sci. Pol., Agricultura 3(2): 5–14.
- Budzyński W., Bielski S. 2004b. Surowce energetyczne pochodzenia rolniczego. Cz. II. Biomasa jako paliwo stałe (artykuł przeglądowy). Acta Sci. Pol., Agricultura 3(2): 15–26.
- Gosek S. 2007. Sorgo-egzotyczna, afrykańska trawa. IUNG-PIB Puławy: 24–27.
- Hołubowicz-Kliza G. 2007. Uprawa sorga cukrowego w technologii "mix cropping". IUNG-PIB: 12.
- Kaczmarek S. 2007. Sorgo – roślina alternatywna. Wyd. Wieś Jutra: 25.
- Kieć J., Łabza T., Wieczorek D. 2011. Róża wielokwiatowa (*Rosa multiflora*) odmiany Jatar na cele energetyczne. Fragm. Agron. 28(3): 35–31.
- Machul M. 2008. A może sorgo? Kukurydza 2: 43–44.
- Machul M., Księżak J. 2004. Ocena poziomu plonowania sorga w zależności od sposobu siewu i poziomu nawożenia azotem. Sprawozdanie z badań IUNG Puławy (www.nk.com/media).
- Niedziółka I., Szpryngiel M., Kraszkiewicz A., Kachel-Jakubowska M. 2011. Ocena wydajności brykietowania oraz jakości brykietów wytworzonych z wybranych surowców roślinnych. Inż. Rol. 6: 149–155.
- Niedziółka I., Szymanek M., Zuchniarz A. 2006. Analiza wartości opałowej resztek poźniwnych kukurydzy pastewnej. Inż. Rol. 11: 343–349.
- Skrzypczak W., Waligóra H., Szulc P., Kruczek A. 2009. Ocena skuteczności chwastobójczej i fitotoksyczności herbicydów stosowanych w uprawie sorga. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 49(2): 832–836.
- Sowiński J. 2009. Porównanie plonowania kukurydzy i sorga cukrowego pod wpływem zróżnicowanych dawek nawożenia azotem. Pam. Puł. 151: 649–661.
- Sowiński J., Liszka-Podkova A. 2008. Wielkość i jakość plonu świeżej i suchej masy kukurydzy (*Zea mays* L.) oraz sorga cukrowego (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) na glebie lekkiej w zależności od dawki azotu. Acta Sci. Pol., Agricultura 7(4): 105–115.
- Śliwiński B.J., Brzóska F. 2009. Uprawa sorga i wykorzystanie kiszzonek w żywieniu krów. Wyd. IZ-PIB: ss. 36.

L. KORDAS, M. GIEMZA-MIKODA, M. JABŁOŃSKA

**THE EVALUATION OF SORGHUM'S VARIETIES OF ENERGY VALUE DEPENDING ON
SOWING DATE, PLANT DENSITY AND FERTILIZATION**

Summary

The objective of the four-factor field experiment conducted in 2009–2011 was to determine the effect of sowing date (I and II decade of May), sowing rate (180, 210, 240 thous. seeds·ha⁻¹), fertilization dosage (100-50-100 i 150-75-150 kg NPK·ha⁻¹) and sorghum varieties (Sucrosorgo 506, SorhoSupersile, Rona 1) on the utility of its biomass in terms of combustion. From the three varieties of sorghum, Sucrosorgo 506 proved to be the highest-energy crop while Rona 1 had the lowest energy content. Advancing the sowing date does not have a beneficial influence on either of the sorghum types' energetic properties.