

CIEPŁO SPALANIA SŁOMY I ZGONIN ORKISZU PSZENNEGO NAWOŻONEGO ZRÓŻ- NICOWANYMI DAWKAMI POTASU

Urszula Sadowska, Andrzej Żabiński

Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Grzegorz Weisło

Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Celem podjętych badań było określenie i porównanie wartości ciepła spalania słomy oraz zgonin orkisz pszennej przy zróżnicowanej wilgotności badanego materiału i nawożeniu potasowym. Badania wykonano za pomocą kalorymetru zgodnie z obowiązującą normą PN-EN ISO 9831:2005. Zwiększone nawożenie potasowe powodowało spadek wartości ciepła spalania zarówno słomy, jak i zgonin przy wszystkich zastosowanych wariantach wilgotności. Największe wartości ciepła spalania zarejestrowano zarówno dla słomy, jak i zgonin o wilgotności 3,2% przy pojedynczej dawce potasu wynoszącej 75 kg·ha⁻¹.

Słowa kluczowe: słoma, zgoniny, orkisz pszenny, ciepło spalania, metoda kalorymetryczna

Wstęp

Wytwarzanie energii z biomasy stało się w ostatnich latach nie tylko tematem modnym, ale i narzuconym ministerialnie (Załącznik do uchwały Rady Ministrów nr 202/2009). Dotychczas to lasy w tym względzie stanowiły główne zaplecze energetyczne, teraz poszukuje się nowych źródeł, sięgając nawet po ziarno zbóż, zwłaszcza o gorszej jakości, nieprzydatne konsumpcyjnie czy też paszowo (Żabiński i in., 2011, 2012), lub też celowe zakładanie tzw. plantacji energetycznych. Jednak najtańszym sposobem jest wykorzystanie materiałów odpadowych produkcji roślinnej. Podstawowym jest słoma zbóż, której masę szacuje się na 25-33 mln ton rocznie (Adamczyk i in., 2005; Gradziuk, 2006), czy też trudne do weryfikacji ilościowej zgoniny, czyli pozostałości z kłosów po wymłóceniu zboża w postaci plew, plewek czy też fragmentów osadki kłosowej.

Jednym z czynników klimatycznych, obniżających plony roślin zbożowych ostatnich lat, są okresowe niedobory opadów atmosferycznych. W uprawach pszenicy ozimej w roku 2008 susza wystąpiła na ponad połowie gruntów (Mizak i in., 2011). Przy dobrym zaopatrzeniu zbóż w potas używają one mniej wody na wyprodukowanie jednostki suchej masy,

ponadto wzrasta ich odporność na niskie temperatury i wymarzenie oraz zmniejsza się podatność na choroby i atak szkodników (Kościelniak i Dreczka, 2009). Pierwiastek ten zwiększa udział tkanki mechanicznej i tym samym ogranicza wyleganie (Duczmal i Tucholska, 2000). Zazwyczaj im gleba jest lżejsza, tym zawartość potasu jest niższa (Kościelniak i Dreczka, 2009).

W ostatnich latach w Polsce rozpowszechnia się uprawa orkiszu pszennego, głównie ze względu na wyższe ceny możliwe do uzyskania przy jego sprzedaży. Jest to zboże mające wyjątkowo długą słomę i trudno wymłacające się ziarno (Tyburski i Babalski, 2006). Materiałem poomłotowym są kłoski, wymagające dodatkowej obróbki w celu wydzielenia z nich ziarna. Produktem ubocznym tego zabiegu są zgoniny, które można wykorzystać na cele energetyczne.

Bezpośrednim celem prezentowanych badań było określenie i porównanie wartości ciepła spalania słomy oraz zgonin orkiszu pszennego, nawożonego zróżnicowanymi dawkami potasu, przy zmiennej wilgotności tego surowca.

Material i metodyka badań

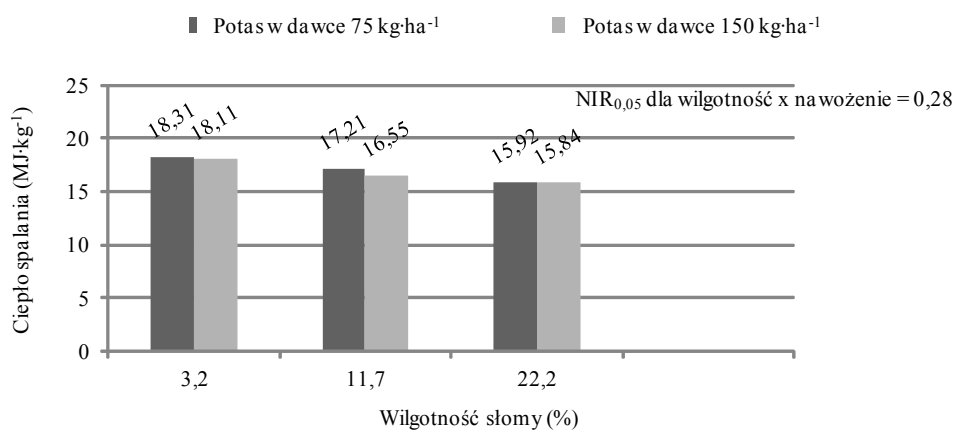
W podjętych badaniach wykorzystano słomę oraz zgoniny orkiszu pszennego ozimej odmiany *Schwabenkorn*, pochodzące z własnego doświadczenia polowego prowadzonego w Mydlnikach k. Krakowa na polu doświadczalnym Instytutu Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych. Doświadczenie założono na glebie o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego. Orkisz pszenny nawożono z zastosowaniem nawozów mineralnych. W czystym składniku było to $70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ N}$ oraz $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$. W doświadczeniu zróżnicowano nawożenie potasowe, stosowano jego dwa poziomy – 75 i $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$. Zgoniny uzyskano po wymłóceniu kłosów w stacjonarnej młocarni poletkowej. Przed wykonaniem pomiarów słomę i zgoniny orkiszu pszennego podsuszono z wykorzystaniem suszarki laboratoryjnej w temperaturze 40°C do wilgotności 3,2%, w dalszej kolejności nawilżano do 11,7% oraz 22,2%, rozkładając ciekłą warstwę w pomieszczeniu o podwyższonej wilgotności powietrza. Do badań wykorzystano materiał o podanej wilgotności ze względu na podobną zawartość wody w słomie świeżej, mieszczącą się zazwyczaj w przedziale 12-22% (Adameczyk, 2010). W doświadczeniu przyjęto skrajne wartości tego przedziału oraz wilgotność możliwie niską do uzyskania po wysuszeniu dla celów porównawczych. Pomiar wilgotności wykonano metodą suszarkowo-wagową zgodnie z obowiązującą normą dotyczącą badania nasion PN-R_65950. W następnej kolejności cięto słomę na odcinki 1-2 cm, a następnie dokładnie rozdrabniano za pomocą młynka laboratoryjnego.

Ciepło spalania wyznaczono metodą kalorymetryczną przy użyciu kalorymetru KL-10 zgodnie z obowiązującą normą: PN-EN ISO 9831:2005. Próbkę o masie 1 g spalano w atmosferze tlenu. Do jej zapłonu stosowano drut oporowy z kantalalu. Ciepło spalania próbki paliwa było obliczane automatycznie wg wewnętrznego programu urządzenia.

Otrzymane wyniki badań analizowano pod względem statystycznym z wykorzystaniem analizy wariancji dla poziomu istotności 0,05.

Wyniki badań

Orkisz pszeniczny charakteryzuje się stosunkowo długą słomą. W badaniach własnych jej sucha masa z 1 m² wynosiła 0,72 kg przy stosowaniu pojedynczej dawki potasu i 0,8 kg z zastosowaniem zwiększonego nawożenia tym składnikiem oraz odpowiednio 116 i 118,8 g zgonin z tej samej powierzchni. Tym samym łącznie z 1 ha można uzyskać około 8 t plonu ubocznego przy pierwszym wariantcie nawożenia i około 9 t dla drugiego wariantu. Daje to pokaźną masę do zagospodarowania, np. energetycznego. W nawiązaniu do takiego sposobu wykorzystania poniżej przedstawiono średnie wyniki badań wartości ciepła spalania słomy orkisz pszenicznego, wyprodukowanej z zastosowaniem zróżnicowanego nawożenia potasowego w zakresie wilgotności dopuszczalnej do magazynowania (rys. 1).

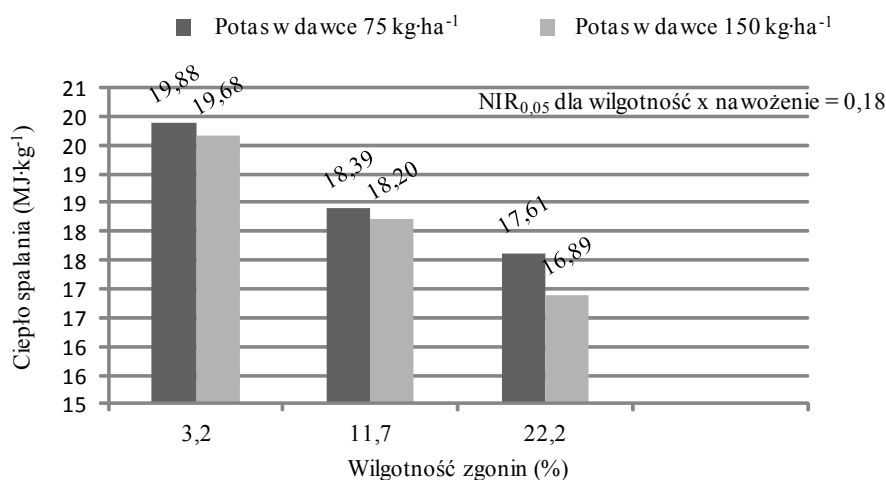


Rysunek 1. Średnie wartości ciepła spalania słomy orkisz pszenicznego w zależności od wilgotności i poziomu nawożenia potasowego NIR – najmniejsza istotna różnica dla poziomu istotności $\alpha=0,05$

Figure 1. Average values of the heat of combustion of wheat spelt straw depending on the moisture and the level of potassium fertilization NIR - the lowest significant difference for the significance level of $\alpha=0.05$

Otrzymane wartości ciepła spalania słomy orkisz pszenicznego w zakresie wilgotności 3,2% zbliżone są do wyników otrzymywanych przez Świętochowskiego i in. (2011) dla suchej słomy pszenicy zwyczajnej. Cytowane wyniki mieściły się w przedziale 18,0-18,8 MJ·kg⁻¹ i były zróżnicowane w zależności od klasy gleby. Badania Niedziółki i in. (2012) prowadzone z wykorzystaniem słomy pszenicznej o wilgotności 14,5% wskazują na niższe wartości ciepła spalania, średnio 16,8 MJ·kg⁻¹, co jest zbliżone do wartości obserwowanych w badaniach własnych dla słomy orkisz pszenicznego o wilgotności 11,7%, średnio 17,2 MJ·kg⁻¹. Maksymalna zastosowana w badaniach wilgotność słomy była zgodna z zaleceniami dla tego surowca o przeznaczeniu energetycznym (Wojciechowski, 2012). Kościak (2003) zwraca uwagę, że nadmiernie wilgotna słoma ma nie tylko mniejszą wartość energetyczną, ale także powoduje zwiększoną emisję zanieczyszczeń podczas spalania, stąd też przyjmuje się, że jej wilgotność powinna utrzymywać się w granicach 18-25%.

W przeprowadzonych badaniach obserwowano spadek wartości ciepła spalania wraz ze wzrostem wilgotności i przy zastosowaniu podwyższonego nawożenia potasowego. Podobne zależności zauważono także dla ciepła spalania zgonin orkisz pszennego (rys. 2). Miało to odzwierciedlenie w większej masie popiołu pozostałego po spaleniu próbek o tej samej wilgotności uzyskanych z surowca nawożonego podwójną dawką potasu (rys. 3 i 4). Jednak w tym przypadku nie stwierdzono zwiększenia masy popiołu wraz ze wzrostem wilgotności badanego materiału.

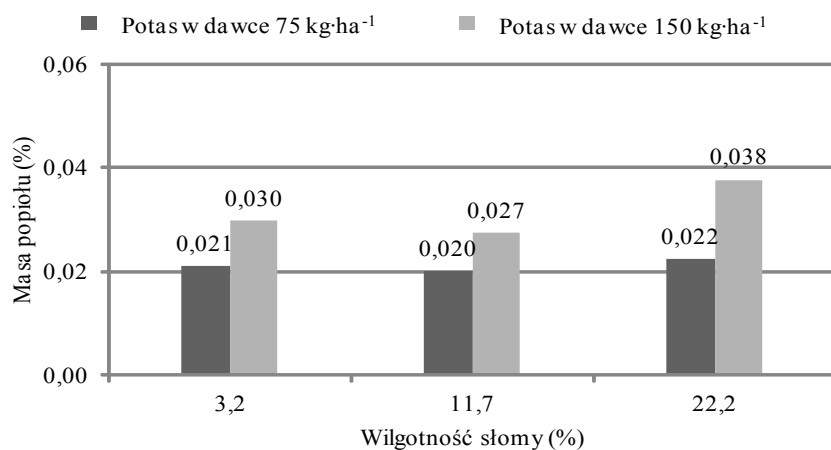


Rysunek 2. Średnie wartości ciepła spalania zgonin orkisz pszennego w zależności od wilgotności i poziomu nawożenia potasowego NIR – najmniejsza istotna różnica dla poziomu istotności $\alpha=0,05$

Figure 2. Average values of the heat of combustion of waste of wheat spelt depending on the moisture and the level of potassium fertilization NIR – the lowest significant difference for the significance level of $\alpha=0.05$

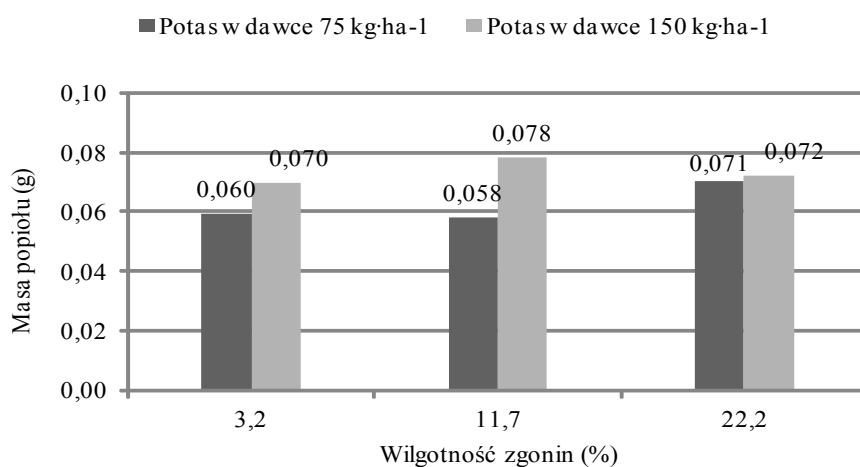
Otrzymane wyniki badań wskazują na wyższe wartości ciepła spalania zgonin orkisz pszennego w porównaniu ze słomą, przy każdym zastosowanym wariancie wilgotności i poziomie nawożenia potasowego. Może to wynikać z większej zawartości białka w plewach pszennych w porównaniu ze słomą i jego wyższej kaloryczności (Chachułowa, 1997).

W wyniku spalania 1 g próbki słomy orkisz pszennego otrzymywano popiół stanowiący od 2-3,8% jej masy, co jest porównywalne z danymi podawanymi przez Grzybka i in. (2001) dla słomy roślin zbożowych. Cytowane wyniki wskazują na 3-4% udział popiołu. Natomiast zdecydowanie większą masę popiołu zauważono w próbkach wytworzonych ze zgonin orkisz pszennego (rys. 4).



Rysunek 3. Średnia masa popiołu pozostałego po spalaniu próbki paliwa wytworzonego ze słomy orkiszu pszennego

Figure 3. Average weight of ash, which remained after combustion of the fuel sample from wheat spelt straw



Rysunek 4. Średnia masa popiołu pozostałego po spalaniu próbki paliwa wytworzonego ze zgonin orkiszu pszennego

Figure 4. Average weight of ash, which remained after combustion of the fuel sample from waste of wheat spelt

Prezentowane wyniki badań wskazują na spadek wartości ciepła spalania słomy i zgonin orkiszu pszennego pod wpływem zwiększonego nawożenia potasowego; ponadto dane literaturowe sygnalizują zwiększoną podatność na niekorzystne zużłowanie powierzchni ogrzewalnej kotłów przeznaczonych do spalania biomasy, związane z udziałem potasu (Hardy i in., 2009). Obniżenie wartości ciepła spalania wraz ze wzrostem wilgotności, mające miejsce w przedłożonych badaniach, wydaje się dość oczywiste, ponieważ zmniejsza się tym samym zawartość suchej masy w masie całkowitej próbki. Szczególnie interesująca jest jednak, wynikająca z przedstawionych badań, skala tego zjawiska, czyli jak duże różnice występują w wartościach ciepła spalania pomiędzy badanym materiałem o znanej i zróżnicowanej wilgotności.

Wnioski

Uzyskane wyniki pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wartość ciepła spalania słomy i zgonin orkiszu pszennego zależna była zarówno od wilgotności, jak i zastosowanego nawożenia potasowego.
2. Zwiększone nawożenie potasowe powodowało spadek wartości ciepła spalania zarówno słomy, jak i zgonin przy wszystkich zastosowanych wariantach wilgotności.
3. Największe wartości ciepła spalania zarejestrowano zarówno dla słomy ($18,31 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$), jak i zgonin ($19,88 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) o wilgotności 3,2 % przy pojedynczej dawce potasu wynoszącej $75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, najmniejsze natomiast przy najwyższej badanej wilgotności 22,2 % i podwójnej dawce potasu, $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, odpowiednio $15,84$ i $16,89 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.
4. Zgoniny orkiszu pszennego charakteryzowały się wyższymi wartościami ciepła spalania w porównaniu ze słomą przy każdym zastosowanym wariantcie wilgotności i poziomie nawożenia potasowego.

Literatura

- Adamczyk, F. (2010). Wpływ wilgotności słomy zbożowej na stopień zagęszczenia uzyskiwanych brykietów. *Inżynieria Rolnicza*, 1(119), 7-13.
- Adamczyk, F.; Frąckowiak, P.; Mielec, K.; Kośmicki, Z. (2005). Problematyka badawcza w procesie zagęszczania słomy przeznaczonej na opał. *Journal of Research and Application in Agricultural Engineering*, 50(4), 5-8.
- Chachułowa, J. (1997). *Pasze*. Warszawa, Fundacja Rozwój SGGW, ISBN 83-86900-22-2
- Duczmal, K. W.; Tucholska, H. (red.). (2000). *Nasiennictwo*. T I. Poznań, PWRiL, ISBN 83-09-01732-4.
- Gradziuk, P. (2006). Ekonomiczne i ekologiczne aspekty wykorzystania słomy na cele energetyczne w lokalnych systemach grzewczych. *Acta Agrophysica*, 8(3), 591-601.
- Grzybek, A.; Gradziuk, P.; Kowalczyk, K. (2001). *Słoma energetyczne paliwo*. Warszawa, Wyd. Wieś Jutra, ISBN 83-88368-19-2.
- Hardy, T.; Kordylewski, W.; Mościcki, K. (2009). Zagrożenie korozją chlorkową w wyniku spalania i współspalania biomasy w kotłach. *Archiwum Spalania*, vol. 9, 3/4, 181-195.
- Kościelniak, W.; Dreczka, M. (2009). *Nowoczesna uprawa zbóż*. Poznań, APRA Sp. z oo, ISBN 978-83-914532-8-5.
- Kościk, B. (2003). *Rośliny energetyczne*. Lublin, Wyd. AR, ISBN 83-7259-091-5.

- Mizak, K.; Pudełko, R.; Kozyra, J.; Nieróbca, A.; Doroszewski, A.; Świtaj, Ł.; Łopatka, A. (2011). Wyniki monitoringu suszy rolniczej w uprawach pszenicy ozimej w Polsce w latach 2008-2010. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 2(34), t. 11, 95-107.
- Niedziółka, I.; Żak, W.; Szpryngiel, M. (2012). Ocena wartości peletów wytworzonych z wybranych surowców roślinnych. *Inżynieria Rolnicza*, 2(137), T.2, 231-240.
- Świętochowski, A.; Grzybek, A.; Gutry, P. (2011). Wpływ czynników agrotechnicznych na właściwości energetyczne słomy. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 1, 41-47.
- Tyburski, J.; Babalski, M. (2006). *Uprawa pszenicy orkisz*. Poradnik dla rolników CDR w Brwinowie, Oddział w Radomiu.
- Wojciechowski, H. (2012). *Słoma lokalnym surowcem energetycznym do produkcji ciepła na terenach wiejskich*. Instal-Teoria i praktyka w instalacjach. Nr 11. Pozyskano z: www.cire.pl/pliki/2/sloma_lokalnym_surowcem_en.pdf.
- Żabiński, A.; Sadowska, U.; Wcisło, G. (2011). Ciepło spalania ziarniaków zbóż z podrodziny wiechlinowatych. *Inżynieria Rolnicza*, 5(130), 307-312.
- Żabiński, A.; Sadowska, U.; Wcisło, G. (2012). Ciepło spalania ziarniaków zbóż o obniżonych cechach jakościowych. *Inżynieria Rolnicza*, 2(136), 353-359.
- PN-EN ISO 9831:2005. *Pasze, produkty zwierzęce, kał i mocz*.
- PN-R-65950:1994. *Materiał siewny. Metody badania nasion*.
- Załącznik do uchwały nr 202/2009 Rady Ministrów z dnia 10 listopada 2009 r. *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku*. Pozyskano z: www.mg.gov.pl/files/upload/8134/Polityka%20energetyczna%20ost.pdf.

HEAT OF COMBUSTION OF STRAW AND WASTES FROM WHEAT SPELT FERTILIZED WITH VARIED DOSES OF POTASSIUM

Abstract. The objective of the research was to determine and compare the value of the heat of combustion of straw and waste from wheat spelt at varied moisture of the researched material and potassium fertilization. The research was conducted by means of the calorimeter pursuant to the applicable standard PN-EN ISO 9831:2005. The increased potassium fertilization caused the decrease of the heat of combustion value of both straw and waste at all applied moisture variants. The highest values of the heat of combustion were registered for both straw and waste of 3.2% moisture at a single dose of potassium amounting to 75 kg·ha⁻¹.

Key words: straw, waste, wheat spelt, heat of combustion, calorimeter method

Adres do korespondencji:

Urszula Sadowska; e-mail: Urszula.Sadowska@ur.krakow.pl
Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Łupaszki 6
30-198 Kraków