

RENATA TOBIASZ-SALACH

Zakład Produkcji Roślinnej, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska,
Uniwersytet Rzeszowski, e-mail: rtobiasz@ur.edu.pl

SPALANIE BIOMASY POZYSKIWANEJ Z OWSA JAKO CZYNNIK PROŚRODOWISKOWY

Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii przynosi korzyści środowiskowe. Biomasa jest jednym z podstawowych niekonwencjonalnych źródeł energii w Polsce. Spośród roślin zbożowych uprawianych w Polsce ziarno owsa może być najbardziej przydatne do wykorzystania na cele energetyczne, gdyż ma ono mniejsze znaczenie konsumpcyjne i paszowe, zaś technologia uprawy jest dobrze znana producentom. Wykorzystanie owsa na cele energetyczne jest efektywne ekonomicznie, zwłaszcza jeśli ziarno jest produkowane we własnym gospodarstwie, z wykorzystaniem własnych maszyn i technologii niskonakładowych. Wykorzystanie owsa daje korzyści środowiskowe, ponieważ pozwala na ograniczenie zużycia surowców kopalnych oraz zmniejsza emisję uciążliwych gazów i pyłów do atmosfery. Dlatego też podjęto badania w celu określenia wartości opałowej ziarna i zawartość popiołu po jego spalaniu. Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają stwierdzić, że formy nieoplewione owsa są bardziej przydatne do produkcji biomasy w porównaniu do form oplewionych. Mają większą wartość kaloryczną i zawierają mniej popiołu.

Słowa kluczowe: biomasa, ziarno owsa, odmiany, energetyka, spalanie

I. WSTĘP

Intensywny rozwój przemysłu, urbanizacji, wzrost liczby ludności to czynniki powodujące stałe zwiększanie się zapotrzebowania na energię. Pozyskiwanie energii ze źródeł kopalnych przyczynia się do zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Rosnąca emisja gazów cieplarnianych, w tym dwutlenku węgla, wpływa niekorzystnie na zmiany klimatu Ziemi. Dlatego naukowcy poszukują alternatywnych źródeł energii. Jednym ze sposobów zwiększenia energii jest wykorzystanie biomasy roślinnej, która jest pozyskiwana z odpadów, produktów ubocznych lub z plonów głównych plantacji celowych. Do pozyskiwania biomasy uprawiane są gatunki wieloletnie takie jak wierzba, miskanty, ślaziołek pensylwański czy gatunki jednoroczne np. kukurydza i owies. Ten ostatni gatunek, mimo iż badania nad nim jako źródła biomasy energetycznej rozpoczęto w Polsce, jest u nas wciąż niedoceniany i przeznaczany głównie na cele paszowe i żywieniowe. Znajduje natomiast coraz większe uznanie jako biomasa energetyczna w innych krajach jak Czechy czy Słowacja [Głowacka i in. 2016]. Ziarno owsa, podobnie jak i innych zbóż łatwiej jest transportować i magazynować w porównaniu do drewna czy słomy innych roślin energetycznych, zaś proces spalania jest łatwy [Janowicz 2006, Piasecka i in. 2017, Kaszkowiak i in. 2010, Kwaśniewski 2010]. Ponadto roślina ta ma małe wymagania glebowe

DOI: 10.15584/pjdsd.2024.28.1.21

i może być uprawiana na terenach o niskich walorach produkcyjnych [Klima i Łabza 2010, Noworolnik i Sułek 2014, Stypczyńska i Dziamski 2005, Tendziagolska 2010, Tobiasz-Salach i in. 2016]. Przewiduje się, że w najbliższej przyszłości istotnym uzupełnieniem bilansu podaży biomasy stałej na rynku energetycznym będą jednoroczne i wieloletnie plantacje roślin energetycznych zakładane i prowadzone na gruntach rolnych, na których zaprzestano uprawy roślin konsumpcyjnych (odłogi i ugory) oraz na gruntach nieprzydatnych do uprawy roślin żywnościowych. W warunkach globalnych zmian klimatycznymi poszukuje się więc takich roślin, które mogłyby być uprawiane w zróżnicowanych warunkach pogodowych, łatwo adaptowały się do warunków lokalnych, nadawały się do zagospodarowania wszystkich terenów i jednocześnie mogły być wykorzystane w rekultywacji zdegradowanych terenów przemysłowych i fitoremediacji. Szczególnie przydatne są te gatunki roślin, które wytwarzając duży plon, mogą być uprawiane na glebach niskiej jakości nie konkurując z produkcją roślin przeznaczonych na cele spożywcze [Grzesik i in. 2007]. Stąd też zwiększa się zainteresowanie owsem, jako rośliny przydatnej do uprawy na terenach zdegradowanych. Innym powodem wykorzystania owsa w energetyce jest dostępność maszyn do uprawy tego gatunku. Ponadto gatunek ten w porównaniu do innych zbóż, charakteryzuje się wysoką zawartością tłuszczu w nasionach, co zwiększa jego wykorzystanie w energetyce. Uważa się, że wykorzystanie owsa na cele energetyczne jest efektywne ekonomicznie, zwłaszcza jeśli ziarno jest produkowane we własnym gospodarstwie, z wykorzystaniem technologii niskonakładowych [Głowacka i in 2016, Tobiasz-Salach i in. 2023]. Na świecie koncepcja spalania owsa jest znana od dawna. Szczególnie w krajach skandynawskich. Również w Polsce istnieje zainteresowanie pozyskiwaniem biomasy do spalania z tego gatunku zboża.

Dlatego podjęto badania, których celem była ocena wartości energetycznej 4 odmian owsa pod względem kaloryczności ziarna i zawartości popiołu po jego spalaniu.

II. METODYKA BADAŃ

Materiałem badawczym były 4 odmiany owsa (oplewione – Bingo, Kozak oraz nieoplewione Siwek i Nagus). Badania polowe przeprowadzono w gospodarstwie indywidualnym w miejscowości Reczpol koło Przemyśla, natomiast laboratoryjne w Instytucie Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Rzeszowskiego, w latach 2021-2023.

W warunkach polowych doświadczenie założono w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach. W latach badań odmiany owsa wysiano w I i II dekadzie kwietnia. Badania prowadzono na glebie brunatnej, wytworzonej z lessu o składzie mechanicznym utworu gleby średniej, należącej do kompleksu żytńskiego dobrego, klasy bonitacyjnej IVa. Gleba charakteryzowała się odczynem obojętnym (pH_{KCl} od 5,1 do 5,9). Zawartość składników przyswajalnych w warstwie gleby 0-25 cm w mg·kg⁻¹ wynosiła: dla fosforu -117,3; potasu -130,4 oraz magnezu – 39,1. Zawartość mikroelementów była na średnim poziomie i wynosiła: B – 1,2; Mn - 135,1; Cu - 3,2; Zn – 8,5 i Fe – 856. Agrotechnika była zgodna z zaleceniami uprawy dla tego gatunku. W fazie dojrzałości pełnej zebrano ziarno owsa i dosuszono do 15% wilgotności oraz pobrano materiał do analiz laboratoryjnych. W laboratorium określono wartości opałowe ziarna i zawartość popiołu.

Analizowany materiał rozdrobniono w młynie laboratoryjnym do granulacji poniżej 1 mm uzyskując w pełni homogenny materiał. Następnie z próby całkowitej przygotowano przy użyciu tabletkarki automatycznej 1 gramowe tabletki do bezpośredniej analizy wartości opałowej. Wartość opałowa wyznaczona została na aparacie do badań kalorymetrycznych LECO AC500. Ciepło spalania określone zostało w wyniku spalania próbki w atmosferze tlenowej, w pojemniku ciśnieniowym umieszczonym w płaszczu wodnym otoczonym ze wszystkich stron, w celu

zapewnienia monitorowania wymiany ciepła. Do wywołania zapłonu próby stosowano drut o długości 8 cm. W analizie nie stosowano dodatkowych katalizatorów. Pomiar temperatury wody monitorowany był przy pomocy elektronicznego termometru, którego dokładność wynosi 0,0001°C. Wymiana ciepła była stale monitorowana przez układ pomiarowy. Na podstawie ilości wydzielonego ciepła określono wartość opałową analizowanego materiału. Zawartość popiołu oznaczono spalając materiał w piecu muflowym w temperaturze 600 °C [PN-EN 14775:2010]. Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, przy poziomie istotności $\alpha \geq 0,05$. Zastosowano test porównań wielokrotnych Tukey'a. Analizę statystyczną przeprowadzono w programie Statistica 13.3.0 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA).

III. WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Uprawa roślin energetycznych powinna obejmować jak najwięcej gatunków dostosowanych do zróżnicowanych warunków klimatyczno-glebowych. Zwiększenie różnorodności biologicznej przyczyni się do zachowania równowagi ekologicznej a przez to do ograniczenia rozprzestrzeniania się chorób i szkodników, które z łatwością atakują rozległe monokultury rolnicze i leśne [Majtkowski 2003]. Zestaw roślin możliwych do uprawy na cele energetyczne w polskich warunkach obejmuje kilkadziesiąt gatunków ale duże nadzieje wiąże się z gatunkami zbóż i traw wieloletnich. Rośliny tych gatunków wytwarzają stosunkowo dużą biomasę, zazwyczaj korzystnie wpływają na strukturę i żyzność gleby, kształtują stosunki wodne i absorbują silnie substancje. Niektóre są dość odporne na istniejące niesprzyjające warunki środowiskowe, dobrze rozwijają się w zmieniającym klimacie oraz zmiennych warunkach pogody i gleby. Dlatego w przeprowadzonych badaniach analizowano wartość opałową ziarna owsa pochodzącego z czterech odmian (tab. 1)

Tabela 1 - Table 1

Ocena wartości kalorycznej ziarna owsa w zależności od odmiany [MJ kg⁻¹] / *Caloric value of oat grain depending on the cultivars [MJ kg⁻¹]*

Odmiany / <i>Cultivars</i>	2021	2022	2023	2021-2023
Bingo	18,6ab	17,2a	18,5a	17,9a
Kozak	18,2a	18,6b	18,4a	18,4b
Siwek*	19,6bc	19,3c	19,7c	19,5c
Nagus*	19,2b	19,1bc	19,4b	19,2bc
Średnia ogólna / <i>Total mean</i>	18,6AB	18,3A	18,8B	18,3

Formy nieoplewione owsa * / *naked forms of oats**

Analiza wariancji wykazała zróżnicowanie wartości opałowej badanych odmian owsa. (tab. 1) Formy nieoplewione charakteryzowały się wyższą kalorycznością w porównaniu do form oplewionych. Zależności te wykazano w każdym roku badań. Średnio w trzyletnim okresie badań najwyższą kaloryczność posiadała odmiana owsa Siwek. Jej wartość była o 8,2% wyższa w porównaniu do odmiany Bingo, co potwierdziła przeprowadzona analiza wariancji. Różnice w kaloryczności form oplewionych wykazano także pomiędzy odmianą Kozak a Bingo. Odmiana Kozak w stosunku do odmiany Bingo charakteryzowała się wyższą kalorycznością średnio o 2,8%. Przeprowadzona analiza potwierdza zatem tezę, że formy nieoplewione owsa charakteryzują się wyższą kalorycznością w porównaniu do form oplewionych. Wyższa kaloryczność owsa nieoplewionego wynika najprawdopodobniej

z wyższej zawartości tłuszczu w ziarnie. Średnia zawartość tłuszczu w ziarnie owsa wynosi około 7- 9% i uzależniona jest od warunków glebowo-klimatycznych. Formy oplewione w swoim składzie zawierają tłuszczu od 4 do 7%, zaś u form nieoplewionych, zawartość ta może wzrastać nawet do 14% w zależności od przebiegu pogody w okresie wegetacji i warunków glebowych [Biel i in. 2014, Biel i in. 2009]. Dlatego też, z energetycznego punktu widzenia, pożądane jest zwiększenie w ziarnie zawartości tłuszczu. Wykazano, że przy spalaniu jednego grama tłuszczu wydziela się dwukrotnie więcej energii niż w przypadku spalanie jednego grama białka.

W przeprowadzonych badaniach analizowano także zawartość popiołu w ziarnie po spalaniu. Ilość popiołu po spalaniu, jest cennym wskaźnikiem określającym przydatność owsa na cele energetyczne. Im niższa jego zawartość tym lepsza przydatność surowca do spalania. Wielu autorów uważa, że zawartość popiołu w biomase jest zdecydowanie niższa niż w tradycyjnych paliwach kopalnianych, co czyni biomasę bardziej atrakcyjną do celów energetycznych [Tobiasz-Salach 2023, Bajcar i in. 2015]. Według Sadowskiej i in. [2012] ziarniaki owsa mają największą wartość ciepła spalania w porównaniu z innymi zbożami, a ich wysoka kaloryczność wynika zarówno z dużej zawartości w nich tłuszczu jak i niskiej zawartości popiołu. Podczas spalania czystej biomasy wytwarzane są niewielkie ilości popiołu, który nie zawiera szkodliwych substancji [Kwaśniewski 2010] i może być wykorzystany jako nawóz mineralny w rolnictwie [Nakonieczny i in. 2014].

W przeprowadzonych badaniach wykazano mniejszą zawartość popiołu u form nieoplewionych owsa w porównaniu do form oplewionych tego gatunku (tab. 2). Z analizowanych form oplewionych owsa bardziej przydatna do celów energetycznych okazała się odmiana Bingo, która w trzyletnim okresie badań posiadała o 32,8 % mniej popiołu niż odmiana Kozak. Wśród form nieoplewionych, odmiana Nagus uzyskała mniej popiołu w porównaniu do odmiany Siwek (średnio o 21,6%). Wyniki badań własnych są podobne do wyników innych autorów, którzy wskazują na lepsze właściwości energetyczne owsa nieoplewionego w porównaniu do oplewionego [Kaszkowiak i in. 2010, Kwaśniewski 2010, Piasecka i in. 2017].

Tabela 2 - Table 2

Zawartość popiołu w ziarnie owsa w zależności od odmiany [MJ kg⁻¹] / Ash content in oat grain depending on cultivars [MJ kg⁻¹]

Odmiany / Cultivars	2021	2022	2023	2021-2023
Bingo	2,63c	2,67bc	2,95c	2,75bc
Kozak	3,98d	3,42d	3,57d	3,65d
Siwek*	1,96b	2,09b	1,86b	1,97b
Nagus*	1,64a	1,56a	1,68a	1,62a
Średnia ogólna / Total mean	2,55AB	2,44A	2,52AB	2,50

Formy nieoplewione owsa * / naked forms of oats

IV. PODSUMOWANIE

Biomasa jest głównym źródłem energii odnawialnej w Polsce. Ziarno owsa jest jednym z rodzajów biomasy rolniczej, która może być wykorzystana do bezpośredniego spalania, zwłaszcza w źródłach rozproszonych. Wykorzystanie owsa na cele energetyczne jest efektywne ekonomicznie, zwłaszcza jeśli ziarno jest produkowane we własnym gospodarstwie, z wykorzystaniem własnych maszyn i technologii niskonakładowych. Wykorzystanie owsa

daje korzyści środowiskowe, ponieważ pozwala na ograniczenie zużycia surowców kopalnych oraz zmniejsza emisję uciążliwych gazów i pyłów do atmosfery. Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają stwierdzić, że formy nieoplewione owsa są bardziej przydatne do produkcji biomasy w porównaniu do form oplewionych. Mają bowiem większą wartość kaloryczną i zawierają mniej popiołu. Do pewnych jednak wad wykorzystania owsa jako źródła energii odnawialnej można zaliczyć dylematy etyczne związane z wykorzystaniem zboża nie na cele żywieniowe czy paszowe, tylko na spalanie w piecu.

BIBLIOGRAFIA

1. Bajcar M., Czernicka M., Saletnik B., Zagała B., Puchalski Cz., Gorzelany J. 2015. Assessment of Energy Properties of Plant Biomass Pellets. TEKA. Commission Of Motorization And Energetics In Agriculture.15 (4). 3-6.
2. Biel W., Bobko K., Maciorowski R. 2009. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. *J. Cereal Sci.* 49. 413-418.
3. Biel W., Jacyno E., Kawęcka M. 2014. Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains. *South African Journal of Animal Science.* 44 (2). 189-197.
4. Głowacka A., Zych M., Żołnierczuk J. 2016. Środowiskowe i ekonomiczne skutki wykorzystania ziarna owsa na cele energetyczne. *Inżynieria Ekologiczna. Ecological Engineering.* 49.117-123. DOI: 10.12912/23920629/64513.
5. Grzesik M. Z., Romanowska-Duda M.E., Andrzejczak P., Woźnicki D., Warzecha P. 2007. Application of sewage sludge to improve of soil quality by make use of model plant energy. *Acta Physiol. Plant.* 29. 65-66.
6. Janowicz L. 2006. Ciepło z ziarna. *Agroenergetyka.* 1(15). 39-41.
7. Kaszkowiak E., Kaszkowiak J. 2010. Energetyczne wykorzystanie ziarna owsa i jęczmienia jarego. *Inżynieria i aparatura chemiczna.* 5. 57-58.
8. Klima K., Łabza T. 2010. Plonowanie i efektywność ekonomiczna uprawy owsa w siewie czystym i mieszanym w systemie ekologicznym i konwencjonalnym. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 3 (70). 141-147.
9. Kwaśniewski D. 2010. Produkcja i wykorzystanie ziarna owsa jako odnawialnego źródła energii. *Problemy Inżynierii Rolniczej.* 3. 95-101.
10. Majtkowski W. 2003. Potencjał upraw energetycznych. Seminarium Badania właściwości i standaryzacji biopaliw stałych. EC BREC. Warszawa.
11. Nakoneczny P., Kluza P.A., Tatar G., Bródka R. 2014. Rodzaje, charakterystyka, oraz wybrane problemy eksploatacji kotłów i pieców zasilanych różnymi paliwami. *Acta Scientiarum Polonorum. Technica Agraria.* 13(1-2). 27-40.
12. Noworolnik K., Sułek A. 2014. Agrotechnika owsa na cele paszowe i spożywcze. *Studia i Raporty IUNG-PIB.* 41(15). 167-180.
13. Piasecka I., Knozowski P., Ropińska P., Tomporowski A., Ignaszak P. 2017. Badanie i ocena możliwości wykorzystania na cele energetyczne rozdrobnionych ziaren zbóż wiechlinowatych. *Acta Sci. Pol. Technica Agraria.* 16(1-2). 47-57.
14. Sadowska U., Wcisło G., Żabiński A., 2012. Ciepło spalania ziarniaków zbóż o obniżonych cechach jakościowych. *Inżynieria Rolnicza.* 2(136). 1. 353-359.
15. Stypczyńska Z., Dziamski A. 2005. Struktura systemu korzeniowego i plon owsa w zależności od następczego wpływu deszczowania i nawożenia azotem. *Acta Sci. Pol., Agricultura.* 4 (2). 73-82.
16. Tendziagolska E. 2010. Zmiany wybranych właściwości fizycznych gleby w uprawie owsa nągiego w systemie ekologicznym. *Problemy Inżynierii Rolniczej.* 2. 31-39.

17. Tobiasz-Salach R., Pyrek-Bajcar E., Bobrecka-Jamro D. 2016. Assessing the possible use of hulled and naked oat grains as an energy source. *ECONTECHMOD*. Vol. 5. 3. 35-40. ISSN2084-5715.
18. Tobiasz-Salach R., Stadnik B., Bajcar M. 2023. Oat as a Potential Source of Energy. *Energies*. 16. 6019. <https://doi.org/10.3390/en16166019>.

BURNING BIOMASS OBTAINED FROM OATS AS A PRO-ENVIRONMENTAL FACTOR

Summary

The use of renewable energy sources brings environmental benefits. Biomass is one of the basic non-conventional energy sources in Poland. Among the cereal crops cultivated in Poland, oat grain may be the most useful for energy purposes, as it has less consumption and feed significance, and the cultivation technology is well known to producers. The use of oats for energy purposes is economically effective, especially if the grain is produced on one's own farm, using one's own machines and low-cost technologies. The use of oats brings environmental benefits, as it allows for the reduction of the consumption of fossil raw materials and reduces the emission of harmful gases and dust into the atmosphere. Therefore, research was undertaken to determine the calorific value of grain and the ash content after its combustion. The results of the conducted research allow us to state that naked forms of oats are more useful for biomass production compared to hulled forms. They have a higher calorific value and contain less ash.

Keywords: biomass, oat grain, varieties, energy, combustion