

ROŻNIK PRZEROŚNIĘTY *SILPHIUM PERFOLIATUM* L. – ŹRÓDŁO BIOMASY DO PRODUKCJI BIOPALIW STAŁYCH

Jarosław Frączek, Krzysztof Mudryk, Marek Wróbel

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę przydatności biomasy rożnika przerośniętego na cele energetyczne. Przeprowadzono charakterystykę gatunku pochodzącego z Ameryki Północnej. Wykazano, że gatunek spełnia wymagania stawiane roślinom energetycznym tzn. charakteryzuje się dużym plonem – 15 – 19 t·ha⁻¹, odpornością na choroby i szkodniki, niewielkimi wymaganiami siedliskowymi. Określono podstawowe właściwości fizyczne biomasy, między innymi: wysokość pędów – 2,4 m, gęstość właściwą – 210 kg·m⁻³, ciepło spalania 17,3 MJ·kg⁻¹ i zawartość popiołu – 3,4%. Poddano również ocenie jakościowej brykiety wykonane z tego surowca podczas której określono: trwałość – 93,1%, gęstość właściwą – 920 kg·m⁻³ i wymiary brykietów. Zarówno właściwości biomasy rożnika są zadowalające z energetycznego punktu widzenia, jak również brykiet charakteryzuje się bardzo dobrymi parametrami jakościowymi a do procesu brykietowania wystarczające jest tylko zrębkowanie pędów.

Słowa kluczowe: brykiet, rożnik przerośnięty, rośliny energetyczne, biomasa

Wstęp

W Polsce ciągle największe nadzieje wiąże się z wykorzystaniem biomasy jako podstawowym źródłem energii odnawialnej. Dlatego plantacje roślin energetycznych powinny stanowić główne źródło biomasy przeznaczonej do produkcji biopaliw stałych takich jak bele, zrębki, pelety czy brykiety. Zagwarantuje to określoną ilość biomasy o ujednoliconej jakości wymaganej w procesach przetwórczych i spalaniu.

Za najbardziej popularną roślinę energetyczną uznaje się wierzbę wiciową *Salix viminalis* L., której różne odmiany i klony uprawiane są na wieloletnich plantacjach. Jednak wymagania wodno-glebowe tej rośliny powodują, że nie może być ona uprawiana na całym, potencjalnie dostępnym dla roślin energetycznych, areale. Teren Polski charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem warunków glebowych, dlatego potencjalni plantatorzy muszą mieć do dyspozycji szeroką gamę gatunków roślin tak, aby dostosować rodzaj uprawy do charakterystyki wodno-glebowej posiadanego siedliska. Takie podejście do upraw energetycznych pozwoli na uzyskanie maksymalnego plonu biomasy przy minimalizacji nakładów na założenie i prowadzenie uprawy.

Rośliny charakteryzujące się dużym przyrostem rocznym, odpornością na choroby i szkodniki, niewielkimi wymaganiami siedliskowymi i przystosowaniem do warunków

klimatycznych Polski uznawane są za potencjalne gatunki energetyczne i wykorzystywane do produkcji biopaliw.

Gatunkiem takim może być roznik przerośnięty, który do tej pory wykorzystywany jest jako roślina paszowa, miododajna oraz lecznicza. Jednak ze względu na wysokie plony, może ona stanowić źródło biomasy na cele energetyczne.

Celem pracy była analiza możliwości wykorzystania roznika przerośniętego jako rośliny energetycznej której biomasa może być wykorzystana do produkcji biopaliw stałych, w tym przypadku brykietów.

Materiał i metody

Pędy badanej rośliny, pozyskano z poletka doświadczalnego prowadzonego na Wydziałowej Kolekcji Roślin Energetycznych.

Zakres pracy obejmował: charakterystykę rośliny, określenie właściwości pędów roznika, istotnych z energetycznego punktu widzenia tj. plon suchej masy, wartość opałową, opory cięcia oraz gęstość właściwą, ocenę jakości brykietów uzyskanych z biomasy roznika.

Pomiary przeprowadzono wg metod zawartych w Polskich Normach:

Geometria pędów - do najważniejszych parametrów geometrycznych rośliny możemy zaliczyć wysokość pędów oraz długości boków charakterystycznych czworokątnych pędów, na wysokości ścinania w czasie zbioru. W badaniach wykonano pomiary bezpośrednie geometrii pędów wykorzystując przymiar liniowy ($5\text{m} \pm 0,01$) oraz suwmiarkę elektroniczną firmy Limit ($140\text{ mm} \pm 0,01\text{mm}$).

Pomiar wilgotności pędów i brykietów - do pomiaru wilgotności pędów i brykietów zastosowano metodę suszarkową wg PN-77/D-04100. Próbki pędów i brykietów rozdrabniały i umieszczano w naczynkach wagowych i suszono w suszarce konwekcyjnej ELKON typ: KC100N w temperaturze 105°C . Pomiar przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Wilgotność - w wyznaczono jako stosunek masy wody zawartej w próbce do masy próbek wilgotnych (1):

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \quad (1)$$

gdzie:

- w – wilgotność względna [%],
- m_1 – masa próbki przed suszeniem [g],
- m_2 – masa wysuszonej próbki [g].

Plon suchej masy - Plon z 1ha określono tylko szacunkowo na podstawie plonu uzyskanego z poletka doświadczalnego o powierzchni 0,5 ara. Zebrany materiał ważono bezpośrednio po zbiorze. Znając powierzchnię poletka i masę zebranego materiału określono plon świeżej masy – p. Po określeniu wilgotności świeżej masy – w, plon suchej masy – $p_{s,m}$ określono wg wzoru (2):

$$p_{s.m.} = p \left(1 - \frac{w}{100} \right) \quad (2)$$

gdzie:

- $p_{s.m.}$ – plon suchej masy [$t \cdot ha^{-1}$],
- p – plon świeżej masy [$t \cdot ha^{-1}$],
- w – wilgotność pędów bezpośrednio po zbiorze [%].

Uzyskany plon ($14 t \cdot ha^{-1}$) należy traktować tylko orientacyjnie ze względu na fakt, że plon z poletka doświadczalnego nie może być traktowany jako z plantacji użytkowych, niemniej jednak uzyskany wynik jest zbliżony do wartości plonu podawanego w literaturze – $15-19 t \cdot ha^{-1}$ [Majtkowski 2006b].

Wartość opałowa - pomiary wartości opałowej przeprowadzono w kalorymetrze KL-12 firmy BitPrecyzja, zgodnie z normą PN-81/G-04513.

Gęstość właściwa - gęstość właściwa pędów oznaczona została przy wykorzystaniu zestawu do oznaczania gęstości właściwej firmy RADWAG model WPS 510/C/1 (dokładność pomiaru $0,001 g$). Pomiar przeprowadzono wg PN-77/D-04101.

Brykietowanie - do produkcji brykietu wykorzystano brykieciarkę tłokową o napędzie hydraulicznym firmy POR ECOMEC model Junior. Jej parametry techniczne pozwalają na uznanie jej za reprezentanta dużej gamy maszyn dostępnych na polskim rynku i wykorzystywanych do produkcji brykietu opałowego. Brykietowanie prowadzono przy ciśnieniu $47 MPa$ (wartość ciśnienia zalecana przez producenta)

Ocena jakości brykietu - uzyskany brykiet poddano ocenie jakości wg wytycznych zawartych w PKN-CEN/TS 14961 2007. Zgodnie z tymi wymaganiami określono: wymiary D i L brykietów i gęstość właściwą, oraz zawartość popiołu wg PN-EN 14775:2010 i wilgotność. Ponadto określono trwałość otrzymanych brykietów. Pomiar przeprowadzono zgodnie z normą PN-EN 15210-2:2011. Próbkę o masie $2 kg (\pm 0,1 kg)$ umieszczano w bębnie testera wyposażonym w specjalną półkę przyspieszającą proces destrukcji brykietów. Zgodnie z wytycznymi normy, bęben obracał się z prędkością $21 obr/min$, a czas trwania próby wynosił $5 min$. Po zakończeniu próby brykiet przesiewano przez sito o średnicy otworów $35 mm$. Materiał pozostały na sicie ważono na wadze laboratoryjnej z dokładnością do $0,1 g$, a trwałość brykietu DU (mechanical durability) obliczono ze wzoru (3):

$$DU = \frac{m_A}{m_E} \cdot 100\% \quad (3)$$

gdzie:

- DU – trwałość brykietu [%],
- m_A – masa próbki przed testem [g],
- m_E – masa próbki po teście [g].

Trwałość brykietów rozumiana jest jako odporność na działanie zewnętrznych czynników dynamicznych powodujących uszkodzenia. Jest to jedna z ważniejszych cech decydujących o łatwości transportu, składowania i podawania tego biopaliwa. Wprawdzie obecne uregulowania normatywne [PKN-CEN/TS 14961 2007] nie wymagają obligatoryjnego oznaczania trwałości, tym niemniej uwzględniona ona została w prezentowanych badaniach ponieważ jest to istotne szczególnie dla odbiorców indywidualnych.

Charakterystyka gatunku

Rożnik przerośnięty *Silphium perfoliatum* L. znany również pod nazwą sylfia, jest dużą, kępiastą byliną z rodziny astrowatych (*Asteraceae*) podobnie jak słonecznik i topinambur. Gatunek pochodzący z Ameryki Północnej, stanowiący składnik roślinności preriowej. Występuje na rozległych terenach Kanady i USA. W XVIII wieku został sprowadzony do Europy ze względu na walory dekoracyjne, i wykorzystywany w naturalistycznych nasadzeniach parkowych i ogrodowych. W byłym ZSRR uprawiany był z przeznaczeniem na paszę. Podobny kierunek zastosowania sylfii propagowany jest na Białorusi i Ukrainie [Majtkowski 2006a] jednak, w świetle ostatnich badań, wysoka zawartość kwasów fenolowych ogranicza możliwość wykorzystania ich na te cele [Kowalski, Wolski 2003, Piłat i in. 2007]. Natomiast wysoka zawartość związków saponinowych w liściach, kwiatostanach i kłęczach stanowi cenny surowiec dla przemysłu farmaceutycznego [Kowalski 2002]. Roślina ta jest również cennym gatunkiem miododajnym. Jej wydajność miodowa wynosi $550 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ [Jabłoński i Kołtowski 2005], a pyłkowa $200\text{-}300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ [Kołtowski 2006]. W ostatnich latach, ze względu na niewielkie wymagania pokarmowe może być stosowana jako roślina pionierska przy rekultywacji terenów zdegradowanych. Ze względu na wysokie plonowanie – $15\text{-}19 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ suchej masy [Majtkowski 2006a], roślina ta jest brana pod uwagę jako roślina energetyczna. Plantacje energetyczne zakładać należy jesienią (X-XI), poprzez wysiew nasion w rzędach o rozstawie 100 cm [Majtkowski 2006b].



Foto: M. Wróbel

Rys. 1. Rożnik przerośnięty *Silphium perfoliatum* L.: a – pęd generatywny, b – pąk kwiatowy, c – kwiat, d – owocostan, e – nasiona, f – przekrój poprzeczny pędu
 Fig. 1. Cup plant *Silphium perfoliatum* L.: a – generative sprout, b – flower bud, c – flower, d – fructification, e – seeds, f – cross-section of a sprout

Morfologia gatunku przedstawia się następująco (rys. 1): roślina o nagiej, wzniesionej, czterokanciastej łodydze, osiagajacej 2,5-3m wysokości. W pierwszym roku wegetacji wytwarza tylko rozetę liści, pędy generatywne wyrastają natomiast w latach kolejnych. Liczba pędów (10-25), wzrasta wraz z wiekiem. Łodygi zbudowane z 8-12 międzywęzli o długości 20-30cm wypełnione są gębczastym rdzeniem. Liście trójkątne lub owalno-jajowate do 40cm długości, brzegiem ząbkowane, pokryte szorstkimi włoskami i rozmieszczone parami wzdłuż łodygi. Dolne liście z oskrzydłonymi ogonkami, liście górne są nieco krótsze, siedzące i obejmują łodygę. Kwiaty żółte o średnicy 5-7,5cm zebrane w luźne wierzchołki. Kwitnienie od lipca do września. Nasionami są szaro-brązowe niełupki. Zaletą gatunku jest duża odporność na mrozy (wytrzymuje spadki temperatury poniżej -25°C).

Wyniki badań

W tabeli 1 zamieszczono wyniki przeprowadzonych pomiarów właściwości pędów różnika przerośniętego.

Tabela 1. Wartości mierzonych parametrów
Table 1. Values of the measured parameters

Plon suchej masy [$t \cdot ha^{-1}$] (wartość szacunkowa)	14
Wysokość pędów [m]	2,4
Długość boków pędów [mm]	11,2 x 12,4
Gęstość właściwa [$kg \cdot m^{-3}$] przy wilgotności 17%	210
Wartość opałowa [$MJ \cdot kg^{-1}$] przy wilgotności 13%	15,23
Ciepło spalania [$MJ \cdot kg^{-1}$]	17,3
Zawartość popiołu [%]	3,4

Źródło: obliczenia własne

Badania przeprowadzono na plantacji czteroletniej. Wyniki przeprowadzonych badań potwierdziły, że biomasa różnika cechuje się dobrymi, z energetycznego punktu widzenia, właściwościami fizycznymi, co w połączeniu z niskimi wymaganiami wodno-glebowymi powoduje, że może się on stać wartościową rośliną energetyczną, rozszerzając tym samym gamę roślin uprawianych na te cele [Majtkowski 2006a].

Pędy rozdrobniono na sieczkarni z toporowym systemem tnącym. Teoretyczna długość zrębkowania wynosiła 10 mm. Po ustaleniu się wilgotności siewki na poziomie 13% poddano ją procesowi brykietowania przy ciśnieniu 47 MPa. Otrzymany brykiet oceniony został pod względem cech jakościowych takich jak trwałość, gęstość właściwa oraz geometria. Uzyskane wartości powyższych parametrów przedstawiono w tabeli 2. Porównując je do wymagań normy PKN-CEN/TS 14961 można stwierdzić, że uzyskane brykiety znajdują się w klasie wymiarowej D60 i L 50. Wilgotność brykietów na poziomie 13% oznacza klasę wilgotności M15. Zawartość popiołu na poziomie 3,4% oznacza przynależność do klasy A6.0. Gęstość właściwa brykietów klasyfikuje je do klasy DE 0,8. Otrzymane brykiety charakteryzują się bardzo wysoką trwałością (93,1%), co oznacza, że nie ulegają niszczeniu podczas transportu i składowania. Należy podkreślić, że proces brykietowania przeprowadzono na materiale rozdrobnionym tylko wstępnie, a pomimo to uzyskano wy-

soką jakość brykietu. Oznacza to, że biomasa rożnika posiada bardzo dobre właściwości, dzięki którym, w procesie technologicznym produkcji możemy pominąć etap mielenia surowca, który jest jednym z najbardziej energochłonnych. Pozwoli to na zmniejszenie kosztów produkcji brykietu z rożnika.

Tabela 2. Parametry jakościowe brykietów z siewki rożnika przerośniętego

Table 2. Qualitative parameters of briquettes from the chaff of a cup plant

Parametr jakościowy	Uzyskany wynik	Klasa jakości wg normy PKN-CEN/TS 14961
Trwałość [%]	93,1	-
Gęstość właściwa [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	920	DE 0,8
Wymiary D x L [mm]	51,2 x 28,9	D60, L50
Wilgotność [%]	13	M15
Zawartość popiołu [%]	3,4	A6,0

Źródło: obliczenia własne autorów

Wnioski

1. Przeprowadzona analiza wykazała, że rożnik przerośnięty spełnia podstawowe wymagania stawiane roślinom energetycznym, tj. charakteryzuje się wysokim plonem, odpornością na choroby i szkodniki, niewielkimi wymaganiami siedliskowymi i przystosowaniem do warunków klimatycznych Polski. Może być zatem zaliczony do grupy tzw. gatunków energetycznych.
2. Właściwości biomasy rożnika takie jak: ciepło spalania – $17,3 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, plon suchej masy – $15\text{--}19 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ [Majtkowski 2006b], oraz gęstość właściwa – $210 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, są zadowalające z energetycznego punktu widzenia
3. W wyniku przeprowadzonych badań okazało się, że do procesu brykietowania wystarczające jest zrębkowanie pędów bez konieczności dalszego domielenia, co istotnie może zmniejszyć koszty produkcji brykietu.
4. Uzyskane wyniki pomiarów trwałości – 93,1%, gęstości właściwej $920 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, wilgotności – 13%, oraz zawartości popiołu na poziomie 3,4% pozwalają stwierdzić, że brykiet z biomasy rożnika charakteryzuje się bardzo dobrymi parametrami jakościowymi.

Bibliografia

- Jabłoński B., Kołtowski Z. 2005. Nectar secretion and honey potential of honey-plants growing under Poland's conditions – part XV. Journal of Apicultural Science Vol. 49 No. 1. s. 59-63.
- Kołtowski Z. 2006. Wielki atlas roślin miododajnych. Przedsiębiorstwo Wydawnicze Rzeczpospolita S.A. ISBN 8360192138.
- Kowalski R., Wojski T. 2003. Evaluation of phenolic acid content in *silphium perfoliatum* l. leaves, inflorescences and rhizomes, Electronic Journal of Polish Agricultural Universities [online], Horticulture. Volume 6. Issue 1, #3, [dostęp 15-05-2011]. Dostępny w Internecie: <http://www.ejpau.media.pl/volume6/issue1/horticulture/art-03.html>.

- Kowalski R.** 2002. Ocena zawartości oleanozydów w organach nadziemnych i podziemnych różnika przerośniętego *Silphium perfoliatum* L. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 1(2). s. 5-15
- Majtkowski W.** 2006 Źródła biomasy do celów energetycznych – rozdział w materiałach z II Regionalnego forum energetyki odnawialnej. s. 49-55, Przysiek. ISBN 978-83-60164-08-2
- Majtkowski W.** 2006, Potencjalny gatunek energetyczny. Sylfia z prerii, Agroenergetyka. Wyd. APRA. Nr 3(17). s. 8-9.
- Pilat J., Majtkowski W., Majtkowska G., Mikołajczak J., Góralska A.** 2007. Przydatność do zakiszania wybranych form gatunku roślin z rodzaju silphium. Journal of Central European Agriculture, Vol.8 No.3. s. 363-368.
- PKN-CEN/TS 14961:2007 Biopaliwa stałe - Wymagania techniczne i klasy.
- PN-77/D-04100 Drewno. Oznaczanie wilgotności.
- PN-77/D-04101 Drewno. Oznaczanie gęstości.
- PN-81/G-04513 Paliwa stałe – Oznaczanie ciepła spalania i obliczanie wartości opałowej.
- PN-EN 14775:2010. Biopaliwa stałe - Oznaczanie zawartości popiołu
- PN-EN 15210-2:2011. Biopaliwa stałe - Oznaczanie wytrzymałości mechanicznej brykietów i peletów - Część 2: Brykiety.

CUP PLANT *SILPHIUM PERFOLIATUM* L. – BIOMASS SOURCE FOR BIOFUELS PRODUCTION

Abstract. The study presents the analysis of cup plant biomass usability for energy purposes. Description of variety from North America was carried out. It was proved, that the variety meets the requirements of energy plants that is, it is characterised by large crops – 15-19 t·ha⁻¹, resistance to diseases and pests, small habitat requirements. Basic physical properties of biomass were determined, among others: sprouts height – 2.4 m, specific density – 210 kg·m⁻³, heat of combustion 17.3 MJ·kg⁻¹ and ash content – 3.4%. Moreover, briquettes made of this material were subjected to evaluation during which the following were determined: durability – 93.1%, specific density – 920 kg·m⁻³ and size of briquettes, properties of the cup plant biomass are satisfactory from the point of view of energy, as well as briquette is characterised by very good qualitative parameters and only sprouts chipping is sufficient for the process of briquetting.

Key words: briquette, cup plant, energy plants, biomass

Adres do korespondencji:

Marek Wróbel; e-mail: Marek.Wrobel@ur.krakow.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 120
30-149 Kraków

