

## ANALIZA ENERGETYCZNA BIOMASY ODPADOWEJ Z PRODUKCJI DRZEWEK OWOCOWYCH NA TERENIE WOJEWÓDZTWA PODKARPACKIEGO

*Józef Gorzelany, Natalia Matłok*

*Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Uniwersytet Rzeszowski*

**Streszczenie.** Produkcja materiału szkółkarskiego na Podkarpaciu w ostatnich latach wykazuje tendencję wzrostową i w 2012 roku wynosiła ponad 3,8 mln sadzonek drzewek owocowych. Problem biomasy odpadowej z produkcji rolniczej i szkółkarskiej jest zagadnieniem o tyle istotnym, że każdorazowo zachodzi konieczność utylizacji odpadów. Nie w każdym przypadku jest to możliwe do zrealizowania w formie nawozu naturalnego. Zawsze jednak możliwe jest wykorzystanie energetyczne. Celem pracy była analiza energetyczna biomasy odpadowej powstałej z produkcji różnych gatunków drzewek owocowych. Przeprowadzono badania laboratoryjne, dotyczące kaloryczności poszczególnych gatunków podkładek do produkcji drzewek owocowych, a także zawartości popiołu oraz pierwiastków (C, H, N i S) w ich składzie chemicznym. Dokonano również oceny wydajności biomasy z 1 ha badanych gatunków podkładek po czopowaniu.

**Słowa kluczowe:** podkładka, drzewko owocowe, biomasa odpadowa, bilans energetyczny

### Wstęp

Dostępne źródła analityczne wskazują na bardzo duże prawdopodobieństwo wystąpienia kryzysu energetycznego w najbliższych 15-25 latach (Kopetz i in., 2007; Ramsay, 2007; Roszkowski, 2007a, 2007b). Dlatego też zastąpienie konwencjonalnych źródeł energii biomasą w procesie produkcji energii jest bardzo ważnym elementem w strategii spowalniania niekorzystnych zmian naszego klimatu i wzmocnienia bezpieczeństwa energetycznego krajów Unii Europejskiej (Bieniek i in., 2008). Polska po przystąpieniu do UE została zobowiązana do podpisania dyrektywy mówiącej o udziale odnawialnych źródeł energii (OZE) w gospodarce energetycznej. Krajowy parlament zatwierdził „Strategię Rozwoju Energetyki Odnawialnej”, która obligowała do osiągnięcia 7% udziału OZE w 2010 r. i obliguje do 15% w 2020 r. (Bieniek i in., 2008).

Biomasa to trzecie co do wielkości na świecie, naturalne źródło energii, zaliczane do odnawialnych źródeł energii (Ciechanowicz, 2001). Należą do niej stałe lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące

z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej, sadowniczej, szkółkarskiej oraz leśnej, a także przemysłu przetwarzającego ich produkty i części pozostałych odpadów, które ulegają biodegradacji (Bieniek i in., 2008; Dubas, 1992; Grzybek, 2006; Kostuch, 2003; Kowalik, 1998; Makiela, 2007). Biomasa pochodzenia roślinnego może być używana na cele energetyczne w procesach bezpośredniego spalania surowców stałych lub przetwarzana na biopaliwa ciekłe lub gazowe (Niedziółka i in., 2006). Do biopaliw stałych zalicza się m.in.: słomę, drewno, rośliny energetyczne, a także ziarno. Są to surowce energetyczne pierwotne, które poza korzyścią ekologiczną i ekonomiczną dają szansę rozwoju rolnictwa (Grzybek, 2006).

Komisja Rolnictwa i Rozwoju Wsi Parlamentu Europejskiego w opinii z dnia 5 czerwca 2007 roku w sprawie Mapy drogowej na rzecz energii odnawialnej w Europie (2007/2090(INI)) popiera propagowanie odnawialnych źródeł energii w ramach strategii UE dotyczącej zmian klimatycznych, jednak domaga się, aby produkcja energii z biomasy nie odbywała się ze szkodą dla zdolności produkcji żywności i produkcji niespożywczej. Z tego względu stwierdza, że należy zachęcić do produkcji energii z biomasy w sposób, który pozwoli uniknąć niedających się opanować napięć między produkcją żywności i produkcją niespożywcą. Wskazane jest więc promowanie wykorzystania odpadów i pozostałości z produkcji rolnej, sadowniczej oraz szkółkarskiej do produkcji energii. Do produktów ubocznych, występujących w rolnictwie, należą słoma i gnojowica, natomiast do takich produktów z plantacji szkółkarskich należą zdrewniałe pędy z okulizowanych podkładek uzyskane w procesie czopowania (Booth, i in., 2007; Makiela, 2007; Petersen, 2007). W najbliższym czasie biomasa pochodzenia roślinnego będzie stanowiła główne źródło wytwarzania biopaliw wykorzystywanych w transporcie samochodowym, produkcji energii elektrycznej i ogrzewnictwie. Konieczność stosowania biomasy do celów energetycznych może przynieść szereg korzyści związanych z obniżeniem emisji gazów cieplarnianych, wzrostem zatrudnienia na obszarach wiejskich oraz poprawą efektywności produkcji rolnej w gospodarstwach rodzinnych. Może także wpływać na zahamowanie wzrostu cen ropy naftowej w wyniku mniejszego zapotrzebowania na jej produkty (Niedziółka i in., 2006).

## **Przedmiot i metodyka badań**

Badania przeprowadzono w latach 2011-2012 na terenie województwa podkarpackiego. Do badań wytypowano trzy gospodarstwa szkółkarskie w miejscowościach: Zasów i Róża (powiat Dębica) oraz Budziwój (powiat Rzeszów). Obiekty, na których przeprowadzono pomiary, różniły się wielkością produkcji oraz warunkami glebowymi. Wielkość plantacji wynosiła od 2 do 10 ha, a uzyskane wyniki odniesiono do 1 ha. Pomiary wykonano na wybranych gatunkach podkładek wegetatywnych i generatywnych drzewek owocowych: podkładki jabłoni (A2, M7, M26), podkładki czereśni (czereśnia Colt), podkładki gruszy (grusza Kaukaska) oraz podkładki śliwy (śliwa Ałycza). W celu określenia wydajności biomasy z poszczególnych gatunków podkładek wykonano pomiary wybranych cech biometrycznych po wykonaniu czopowania. Na wiosnę na każdej z plantacji drzewek owocowych w 5 powtórzeniach dla każdego gatunku podkładki wyznaczono 2 rzędy po 20 m, z których po czopowaniu określono ilość sztuk oraz średnią wartość średnicy w miejscu

czopowania, średnią wysokość głównego pędu i wyznaczono masę (rozstaw rzędów 75 cm). Wyniki te posłużyły do określenia średniej obsady poszczególnych gatunków podkładek oraz plonu świeżej masy z 1 ha. Na podstawie uzyskanych wyników określono bilans biomasy poszczególnych gatunków podkładek drzewek owocowych w 2012 r. Odnosząc się do uzyskanych wartości biomasy poszczególnych gatunków podkładek z 1 ha w 2012 roku obliczono średnie wartości biomasy z lat poprzednich.

Po ocenie wybranych cech biometrycznych poszczególnych typów podkładek wykonano badania laboratoryjne, w których określono wartość energetyczną biomasy i zawartość popiołu oraz pierwiastków C, H, N i S.

Badania wartości opałowej biomasy przeprowadzone zostały na kalorymetrze LECO® AC500 (rys. 1). Oznaczenia zawartości popiołu w składzie chemicznym badanych gatunków podkładek drzewek owocowych wykonano metodą termo-grawimetryczną w aparacie firmy LECO - TGA701 (rys. 2). Natomiast analizę zawartości węgla (C), wodoru (H), azotu (N) dokonano na module CHN aparatu True Spec, a zawartość siarki (S) na module siarkowym.



Rysunek 1. Kalorymetr LECO® AC500  
Figure 1. LECO® AC500 calorimeter



Rysunek 2. Zestaw do pomiarów termo-grawimetrycznych  
Figure 2. A set for thermal-gravimetric measurements

## Wyniki badań

Na podstawie uzyskanych wyników z 3 gospodarstw szkółkarskich średnia ilość zakumulowanych podkładek drzewek owocowych na powierzchni 1 ha wynosiła 51262 szt. Największą ilość wysadzonych podkładek na 1 hektarze odnotowano dla podkładki wegetatywnej M26 i wynosiła ona ponad 52700 sztuk. Natomiast najmniejszą obsadę na 1 hektarze odnotowano dla podkładek śliwy Ałycza 49875 szt. Średnia masa biomasy odpadowej uzyskanej z podkładek drzewek owocowych po czopowaniu wynosiła  $4827,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Największą masę odpadową uzyskano z czopowania podkładek czereśni Colt i wyniosła ona  $7326,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , natomiast najmniejszą wynoszącą  $3877,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  z podkładek jabłoni M26. Średnia grubość podkładek drzewek owocowych dla 6 badanych gatunków wynosiła

od 10,4 mm dla jabłoni M7 do 14,5 mm dla podkładek czereśni Colt, przy średniej grubości dla wszystkich badanych podkładek wynoszącej 12,4 mm. Średnia długość głównego pędu dla wszystkich badanych gatunków podkładek drzewek owocowych wynosiła 894 mm. Najwyższą średnią długością głównego pędu wynoszącą 1060 mm charakteryzowały się podkładki czereśni Colt, natomiast najmniejszą średnią długość głównego pędu odnotowano dla gruszy Kaukaskiej i wynosiła ona 782 mm. Średnie wartości wybranych cech biometrycznych badanych gatunków podkładek drzewek owocowych przedstawia tabela 1.

Tabela 1

*Średnie wartości cech biometrycznych wybranych gatunków podkładek drzewek owocowych*

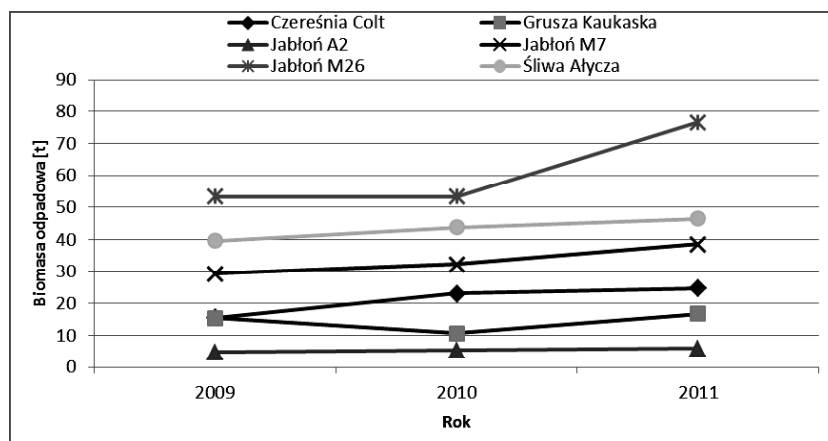
Table 1

*Average values of biometric properties of the selected species of fruit trees stocks*

Gatunek	Ilość podkładek na hektar (szt.)	Średnica na wysokości czopowania (mm)	Średnia długość głównego pędu (mm)	Świeża masa z 1 hektara (kg)
Czereśnia Colt	50400	14,5	1060	7326,1
Grusza Kaukaska	51190	12,6	782	4351,2
Jabłoń A2	51400	13,0	923	4411,7
Jabłoń M7	51950	10,4	817	4353,4
Jabłoń M26	52762	11,9	853	3877,5
Śliwa Ałycza	49875	12,0	927	4645,4
Średnia	51263	12,4	894	4827,4

Na podstawie danych WIORiN Rzeszów oraz przeprowadzonych obliczeń stwierdzono tendencję wzrostową pozyskiwanej biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej w latach 2009-2011 w województwie podkarpackim. Największą ilość biomasy odpadowej wśród analizowanych gatunków podkładek stanowiły podkładki jabłoni M26 i w 2011 roku wynosiła ona ponad 76 t. Najmniejszą ilość biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej w ostatnich latach uzyskano po czopowaniu podkładek A2 w 2009 roku i wynosiła ona 4,65 t. Szacunkową ilość biomasy odpadowej z produkcji szkółkarskiej w latach 2009-2011 na Podkarpaciu przedstawiono na rysunku 3.

Na podstawie wykonanych badań laboratoryjnych średnia zawartość popiołu dla badanych gatunków podkładek drzewek owocowych wynosiła 3,45%. Najwyższą zawartość popiołu odnotowano dla podkładek śliwy Ałyczy i wynosiła ona 3,83%. Natomiast najmniejszą ilość popiołu stwierdzono dla podkładek jabłoni A2 – średnio 3,12%. Średnia zawartość węgla dla badanych gatunków podkładek wegetatywnych i generatywnych wynosiła od 50,17% dla śliwy Ałyczy do 50,90% dla czereśni Colt, przy średniej zawartości węgla dla wszystkich przebadanych podkładek wynoszącej 50,56%. Zawartość wodoru w składzie chemicznym podkładek drzewek owocowych dla 4 przebadanych gatunków wynosiła średnio 6,67%. Największą zawartość tego pierwiastka stwierdzono dla czereśni Colt i wynosiła ona średnio 6,72%.



Rysunek 3. Szacunkowa ilość biomasy ( $t \cdot ha^{-1}$ ) w latach 2009-2011 w woj. podkarpackim na podstawie danych WIORiN Rzeszów

Figure 3. Estimated amount of biomass ( $t \cdot ha^{-1}$ ) in 2009-2011 in Podkarpackie Voivodeship based on WIORiN Rzeszów (Voivodeship Inspectorate of Plant and Seed Production) data

Natomiast najmniejszą ilość wodoru w składzie chemicznym pędów podkładek owocowych odnotowano dla gruszy Kaukaskiej, dla której średnia zawartość tego pierwiastka wynosiła 6,59%. Średnią zawartość popiołu, pierwiastków (C, H, N, S) oraz wartość opałową biomasy pędów podkładek owocowych przedstawia tabela 2.

Tabela 2

Skład chemiczny i kaloryczność badanych podkładek drzewek owocowych

Table 2

Chemical composition and calorific value of the researched stocks of fruit trees

Gatunek	Popiół (%)	Zawartość pierwiastków (%)				Wartość opałowa ( $MJ \cdot kg^{-1}$ )
		C	H	N	S	
Czereśnia Colt	3,42±0,84	50,90±0,21	6,72±0,05	1,11±0,02	0,04±0,004	18,79±0,03
Grusza Kaukaska	3,42±1,10	50,85±0,32	6,59±0,04	1,55±0,05	0,05±0,006	18,53±0,22
Jabłoń A2	3,12±1,47	50,34±0,13	6,61±0,01	1,47±0,04	0,05±0,004	18,47±0,14
Śliwa Ałycza	3,83±0,44	50,17±0,21	6,76±0,06	1,23±0,04	0,05±0,001	18,63±0,16
Średnia	3,45	50,56	6,67	1,34	0,05	18,60

## Wnioski

1. Średnia obsada podkładek drzewek owocowych na 1 ha wynosiła 51262 szt. Największą ilość podkładek na 1 ha stwierdzono dla podkładek jabłoni M26 – 57700 szt., a najmniejszą dla podkładek śliwy Ałycza – 49875 szt.
2. Średnia ilość biomasy odpadowej uzyskanej z podkładek drzewek owocowych po czopowaniu wynosiła  $4827,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .
3. Średnia grubość podkładek drzewek owocowych dla 6 badanych gatunków wynosiła od 10,4 mm dla jabłoni M7 do 14,5 mm dla podkładek czereśni Colt, przy średniej grubości dla wszystkich badanych podkładek wynoszącej 12,4 mm. Natomiast średnia wysokość głównego pędu wynosiła 894 mm.
4. W latach 2009-2011 stwierdzono wzrostową tendencję pozyskiwanej biomasy odpadowej z produkcji materiału szkółkarskiego. Największą ilość uzyskanej biomasy z 6 badanych gatunków podkładek odnotowano w 2011 r. dla podkładek wegetatywnych M26.
5. Wartość energetyczna biomasy badanych gatunków podkładek drzewek owocowych była zbliżona i wynosiła średnio  $18,6 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ .
6. W analizowanym w składzie chemicznym podkładek, spośród badanych pierwiastków największą zawartość odnotowano dla węgla i wynosiła ona średnio 50,56%, natomiast zawartość popiołu wynosiła średnio 3,45%.

## Literatura

- Bieniek, A.; Żolnierz- Rusinek, A. (2008). Wierzba *Salix Viminalis* jako źródło energii odnawialnej na przykładzie plantacji założonych na terenie Kotliny Kłodzkiej. *Inżynieria Rolnicza*, 4(102), 111-118.
- Booth, E.; Bell, J.; Mc Govern, R.; Hodsman, L. (2007). Review of the Potential for On Farm Processing of Various Non Food Crop Products National Non Food Crops Centre, May 2007,117.
- Ciechanowicz, W. (2001). *Bioenergia, a energia jądrowa*, Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania, Warszawa.
- Dubas, J.W. (1992). *Uprawa wierzby i jej przetwarzanie na cele energetyki cieplnej*. Warszawa, PWN, ISBN 83-01-01297-2.
- Grzybek, A. (2006). Kierunki zagospodarowania biomasy na cele energetyczne. *Wiś Jutra*, 9(62),10-11.
- Kopetz, H.; Jossart, J. M.; Ragossnicg, H.; Metschina, C. (2007). *European Biomass Statistics*. Bruksela, AEBIOM, 73.
- Kostuch, R. (2003). Odnawialne źródła energii OZE. *Doradca – Regionalny Magazyn Rolniczy*, 122, 14-18.
- Kowalik, P. (1998). *Wytwarzanie energii elektrycznej z biomasy w warunkach polskich*. V Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Ogólnopolskie Forum Odnawialnych Źródeł Energii-98”, Gdańsk, 13-16 październik 1998.
- Makiela, Z. (2007). *Źródła biomasy na cele energetyczne*. Jarosław, Bioenergetyka Podkarpacka, 105-187.
- Niedziółka, I.; Zuchniarz, A. (2006). Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego. *Motrol*, 8A, 232-237.

- Petersen, J. E. (2007). *Umweltfreundliche Bioenergie produktion: Analysen und Strategien auf EU-Ebene*. Berlin, 10.
- Ramsay, W. (2007). *Security of energy supply in the European Union International Energy Agency*. Melnik.
- Roszkowski, A. (2007). *Energia a rolnictwo*. Materiały IX Konferencji Naukowej Teoretyczne i Aplikacyjne problemy Inżynierii Rolniczej. 19-22.06.07 Wrocław-Polanica, 261-262.
- Roszkowski, A. (2007). Technika rolnicza, a GMO. *Inżynieria Rolnicza*, 8(96), 219-224.

## **ENERGY ANALYSIS OF WASTE BIOMASS FROM PRODUCTION OF FRUIT TREES ON THE TERRITORY OF PODKARPACKIE VOIVODESHIP**

**Abstract.** Production of nursery material in Podkarpackie Region in the last years has shown an increasing tendency and in 2012 amounted to over 3.8 million of fruit trees seedlings. The issue of waste biomass from agricultural and nursery production is significant since each time there is a need of waste disposal. Not in each case it is possible to carry out in the form of natural fertilizer. However, the use for energy purposes is always possible. The objective of the paper was energy analysis of waste biomass from production of different types of fruit trees. Laboratory tests concerning calorific value of particular species of stocks for production of fruit trees and on the content of ash and elements (C, H, N and S) in their chemical composition were carried out. Assessment of biomass yield from 1 ha of the investigated types of stocks after tenoning was carried out.

**Key words:** stock, fruit tree, waste biomass, energy balance

**Adres do korespondencji:**

Józef Gorzelany; e-mail: gorzelan@univ.rzeszow.pl  
Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej  
Uniwersytet Rzeszowski  
ul. Zelwerowicza 4  
35-601 Rzeszów