

WPLYW LAT UPRAWY, KOMBINACJI NAWOŻENIA I KLONÓW NA CIEPŁO SPALANIA I WARTOŚĆ OPAŁOWĄ BIOMASY WIERZBY POZYSKANEJ W OKRESIE ZIMOWYM I PO KRÓTKOTRWAŁYM JEJ SEZONOWANIU*

DIANA FIJALKOWSKA¹, LESZEK STYSZKO, ADAM BOGUSKI

*Zakład Roślin Energetycznych, Politechnika Koszalińska, ul. Śniadeckich 2,
75-453 Koszalin*

Synopsis. W pracy oceniono ciepło spalania, wilgotność i wartość opałową biomasy wierzbowej dziewięciu klonów wierzby krzewiastej (*Salix viminalis*), pozyskanej zimą i wczesną wiosną w latach 2008–2010. Próbki biomasy pozyskano z doświadczenia ścisłego założonego w 2006 roku metodą losowanych podbloków. Podblokami I rzędu były cztery kombinacje nawozowe, a II rzędu – dziewięć klonów wierzby, przy obsadzie 32 100 karp na hektarze. Zastosowano nawożenie: (a) obiekty bez nawożenia, (b) nawożone kompostem z osadów komunalnych (10 t·ha⁻¹ s. m.), (c) nawożone kompostem (10 t·ha⁻¹ s. m.) i azotem w ilości 90 kg·ha⁻¹ N oraz (d) nawożone kompostem (10 t·ha⁻¹ s. m.) i azotem w ilości 180 kg·ha⁻¹ N. Biomasa wierzby miała przeciętną wilgotność 51,1% i wartość opałową 7681 kJ·kg⁻¹. Największy wpływ na wilgotność biomasy i jej wartość opałową miało sezonowanie prób i liczba lat przyrastania pędów oraz ich interakcja, a przy ciepłe spalania – liczba lat przyrastania pędów i klony wierzby oraz ich interakcja. Wpływ nawożenia na te cechy był istotny, ale wyjaśniał małą część zmienności. Na ubytek wilgoci w pędach wierzby sezonowanych na polu po zbiorze, miał wpływ przebieg pogody w tym okresie.

Słowa kluczowe: wierzba, biomasa, ciepło spalania, wartość opałowa, kombinacje nawożenia, klony

WSTĘP

W 2010 roku udział odnawialnych źródeł energii (OZE) w zużyciu energii brutto wyniósł 9,5%, a spośród energii z OZE – biomasa stała stanowiła 85,36% [GUS 2011]. W latach 2005–2011 zużycie biomasy w Polsce w elektroenergetyce wzrosło z 9641 ton do 65470 ton [Grudziński 2013]. Według danych GUS największymi odbiorcami energii z biomasy w Polsce w 2010 roku były gospodarstwa domowe (45,9%), elektrownie i elektrociepłownie zawodowe (22,3%) oraz rolnictwo i leśnictwo (8,6%). Przy spalaniu biomasy wytwarza się ciepło. Kryteriami określającymi jakość paliwa stałego są: ciepło spalania, wilgotność paliwa, zawartość części lotnych, zawartość popiołu, wartość opałowa paliwa i ziarnistość paliwa. W literaturze mało jest opracowań dotyczących związku pomiędzy technologią pozyskania, a ciepłem spalania i wartością opałową biomasy wierzbowej. Uprawa wierzb w Polsce jest prowadzona jeszcze na małą skalę. Do jej uprawy, podobnie jak do innych gatunków roślin energetycznych można stosować komposty z osadów komunalnych [Ociepa-Kubicka i Pachura 2013].

Celem pracy była ocena ciepła spalania, wilgotności i wartości opałowej biomasy wierzbowej dziewięciu klonów wierzby krzewiastej (*Salix viminalis*), pozyskanej z upraw o różniczo-

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* fijalkowska@wilsig.tu.koszalin.pl

* Praca była finansowana przez MNiSW ze środków na naukę w latach 2010–2013 jako projekt badawczy

wanym nawożeniu organicznym i mineralnym w latach 2008–2010 w okresie zimowym i po krótkotrwałym jej sezonowaniu na polu.

MATERIAŁ I METODY

Analizy ciepła spalania i wartości opałowej wykonano na próbkach biomasy z doświadczenia ścisłego założonego metodą losowanych podbloków w układzie zależnym, w trzech powtórzeniach. Doświadczenie z wierzbą, zlokalizowane było w Kościernicy gmina Polanów, na glebie klasy RIVa, kompleksu żytniego dobrego, na glebie biellicowej właściwej - pseudo-biellicowej, o składzie piasku gliniastego lekkiego do głębokości 50–100 cm, a głębiej – gliny lekkiej. W piezometrach woda gruntowa występowała na głębokości 940–980 mm od powierzchni gruntu. Doświadczenie składało się z okresu przygotowawczego (2005 rok), gdzie po zakończonej wegetacji skoszono 1-roczone pędy oraz z okresu odrastania i przyrastania pędów w latach 2006–2009. Podblokami I rzędu były cztery kombinacje nawozowe, a II rzędu – dziewięć klonów wierzby (1047, 1054, 1023, 1013, 1052, 1047D, 1056, 1033 i 1018) przy obsadzie 32 100 karp na hektarze. Zastosowano kombinacje nawożenia: (a) obiekty bez nawożenia, (b) nawożone kompostem z osadów komunalnych ($10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ s. m.}$), (c) nawożone kompostem ($10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ s. m.}$) i azotem w ilości $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$ oraz (d) nawożone kompostem ($10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ s. m.}$) i azotem w ilości $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$. W kwietniu 2006 roku wysiano kompost oraz Hydrofoskę 16, którą także wysiano pogłównie wiosną w latach 2007–2009. Poletko do zbioru miało $11,5 \text{ m}^2$. Przyrosty pędów skoszono w trzech terminach: po II roku – 8.02.2008 r., po III roku – 25.02.2009 r. i po IV roku przyrastania – 26.11.2009 r. Próbkę biomasy do analiz pobrano w dwóch terminach (I – w dniu koszenia, tj. zimowy oraz II – sezonowane na polu, tj. wczesnowiosenny). Próby sezonowanej biomasy pobrano do analiz w dniach: 11.04.2008 roku, 20.04.2009 roku i 24.03.2010 roku. Wilgotność całkowitą i analityczną oznaczono w laboratorium analiz biomasy Wydziału Analiz Chemicznych Południowego Koncernu Energetycznego S.A. przy Elektrowni Siersza w Trzebini, zgodnie z procedurą Q/ZK/05/A:2010, a analizy ciepła spalania i wartości opałowej zostały wykonane według procedury Q/ZK/P/15/12/A:2005. Dla analizowanych cech wykonano analizę wariancji oraz określono znaczenie komponentów wariancyjnych. Istotność efektów oceniono testem F.

WYNIKI I DYSKUSJA

Dane o rozkładzie opadów i temperatur w okresach w latach 2008–2010, zaczerpnięto z pracy Styszki i in. [2010] (tab. 1). Na podstawie sumy opadów oraz średniej temperatury powietrza opracowano wskaźnik hydrotermiczny Sielianinowa (K). Ubytek wilgoci biomasy wierzby sezonowanej na polu, był największy jeśli w okresie pomiędzy terminami poboru prób spadło mniej deszczu oraz były wysokie temperatury powietrza.

W analizach statystycznych wykazano, że na zawartość wody w biomasie wierzby oraz jej wartość opałową, największy wpływ miał termin poboru prób i lata przyrastania pędów oraz ich współdziałanie, a przy ciepłe spalania – lata przyrastania pędów, klony wierzby oraz ich interakcje (tab. 2). Jest zgodne z innymi badaniami autorów [Fijałkowska 2013, Fijałkowska i Styszko 2011, Styszko i in. 2011]. Najniższą zawartość wody w próbkach biomasy uzyskano przeciętnie w II terminie poboru prób, po 3-ciej wegetacji wierzby, na obiektach nawożonych samym kompostem oraz u klonu 1047 (tab. 3).

Najwyższe wartości ciepła spalania i wartości opałowej, uzyskano przeciętnie dla poziomu czynników: w 2 terminie poboru prób, po 3 wegetacji, z obiektów bez nawożenia ("a") lub

Tabela 1. Warunki pogodowe w Boninie k. Koszalina w okresie pomiędzy I a II terminem poboru prób biomasy wierzby w latach 2008–2010

Table 1. Meteorological conditions in Bonin near Koszalin during period between I and II date of biomass sampling in the years 2008–2010

Parametr Parameter	Charakterystyka pogody w okresie pomiędzy I a II terminem poboru prób biomasy w latach Meteorological data during period between I and II date of biomass sampling in years		
	2008	2009	2010
Liczba dni – Number of days	63	54	115
Średni opad dobowy (mm) Average daily precipitation (mm)	3,1	0,8	0,9
Temperatura dobową (°C) Daily temperature (°C)	4,0	5,2	-1,4
Współczynnik Sielianinowa Sielianinow coefficient	7,67	1,48	-*

* – wylicza się tylko dla okresu z dodatnią temperaturą powietrza – it is calculated only for the period when the air temperature is above zero degrees Celsius

Tabela 2. Wpływ badanych czynników na ciepło spalania, zawartość wody i wartość opałową biomasy
Table 2. Effect of studied factors on the higher heating value, water content and lower heating value of biomass

Komponent wariancyjny Variance component	Poziomy czynnika Factor levels	Struktura procentowa komponentów wariancyjnych Percentage structure of variance components		
		Zawartość wody Water content	Ciepło spalania Higher heating value	Wartość opałowa Lower heating value
Termin poboru prób (A) Date of biomass sampling (A)	2	39,0***	0,0	39,1***
Liczba lat przyrastania pędów (B) Number of years of shoots growth (B)	3	11,6***	59,3***	11,8***
Kombinacje nawozowe (C) Fertilizer combinations (C)	4	0,4***	1,1***	0,5***
Klony wierzby (D) – Willow clones (D)	9	2,4***	9,8***	2,2***
Suma współdziałań – Sum of interaction		46,6	29,8	46,4
AxB		41,2***	0,0	41,2***
AxC		0,0	0,1	0,1
AxD		0,9***	0,2	0,8***

Tabela 2. cd.
Table 2. cont.

BxC		0,7***	5,8***	0,8***
BxD		0,7***	2,8***	0,7***
CxD		0,1	4,5***	0,2
DxCxB		0,1	11,4***	0,2
AxBxCxD		1,3	3,2	1,3
Pozostałe współdziałania Other interactions		1,6	1,8	1,1
Suma – Total		100,0	100,0	100,0

Istotność różnic przy poziomie: * $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$ – Significance at confidence level: * $\alpha = 0,05$; ** $\alpha = 0,01$; *** $\alpha = 0,001$

Tabela 3. Wpływ badanych czynników na analizowane cechy
Table 3. Influence of examined factors on analyzed factors

Czynniki Factors	Poziomy czynnika Factor levels	Zawartość wody w biomasie Water content in biomass (%)	Ciepło spalania Higher heating value (kJ·kg ⁻¹ s.m.–DM)	Wartość opałowa Lower heating value (kJ·kg ⁻¹)
Termin poboru prób Dates of biomass sampling	I*	56,3	18524	6604
	II	45,9	18531	8757
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,4	r.n.	76
Liczba lat przyrastania pędów Number of years of shoots growth	2	55,0	18334	6885
	3	47,0	18715	8551
	4	51,4	18533	7606
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,4	15	93
Kombinacje nawozowe Fertilizer combinations	a**	50,4	18551	7844
	b	50,5	18545	7817
	c	51,8	18522	7526
	d	51,7	18492	7535
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,5	17	107
Klony wierzby Willow clones	1047	49,3	18417	8003
	1054	49,3	18467	8036
	1023	51,0	18521	7708
	1013	53,9	18558	7105
	1052	49,9	18521	7941
	1047D	50,0	18508	7896
	1056	53,7	18539	7145
	1018	50,1	18514	7881
	1033	52,8	18704	7411
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,8	26	16

* termin poboru prób – the term of sampling: I – zimowy – winter, II – wczesnowiosenny – early spring

** kombinacje nawozowe – fertilizer treatments: (a) bez nawożenia (kontrola) – without fertilizer (reference), (b) kompost z osadów komunalnych (10 t·ha⁻¹ s. m.) – compost from municipal sewage sludge (10 t·ha⁻¹ s.m. – DM), (c) kompost + azot – compost + nitrogen (90 kg N·ha⁻¹), (d) kompost + azot – compost + nitrogen (180 kg N·ha⁻¹)
 r.n. – różnice nieistotne – non significant differences

nawożonych samym kompostem („b”) oraz w klonie 1033 przy ciepłe spalania i z klonu 1054 przy wartości opałowej biomasy, a najniższe w I terminie poboru prób, po 2 roku uprawy wierzby, na obiektach nawożonych kompostem i Hydrofoską 16, z klonu 1047 przy ciepłe spalania i z klonu 1013 przy wartości opałowej.

Wykazano bardzo duży efekt współdziałania terminu poboru prób z latami odrastania pędów. Przy poborze prób w dniu koszenia (I termin) biomasa po 4 roku uprawy zawierała mniej wody niż po 2 roku, a w II terminie poboru prób – zależności takiej nie obserwowano. W okresie pomiędzy I a II terminem poboru prób w 2009 roku spadło mniej opadów i była wyższa temperatura powietrza niż w inne lata (2008 i 2010). Wartość opałowa biomasy w dniu koszenia (I termin) była największa po 4 roku uprawy, a najmniejsza – po 2 roku (tab. 4).

Tabela 4. Wpływ interakcji terminów poboru prób z liczbą lat przyrastania pędów na wilgotność i wartość opałową biomasy

Table 4. Effect of interaction between dates of biomass sampling and number of years of willow shoots growth on water content in shoots and lower heating value of biomass

Liczba lat przyrastania pędów Number of years of shoots growth	Wilgotność biomasy Water content in biomass (%)		Wartość opałowa biomasy Lower heating value of biomass (kJ·kg ⁻¹)	
	I*	II	I	II
2	59,0	50,9	6040	7729
3	57,9	36,0	6272	10830
4	51,9	50,9	7500	7711
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,6		132	

* termin poboru prób – the term of sampling: I – zimowy – winter, II – wczesnowiosenny – early spring

W II terminie poboru prób takiej zależności nie było, a uzyskano najwyższe wartości dla biomasy po 3 roku uprawy, co można powiązać z przebiegiem pogody w okresie pomiędzy I a II terminem poboru prób. Różnice w zawartości wody w biomasie wierzby i jej wartości opałowej w terminach poboru prób dla 9 klonów były również istotne (tab. 5). Największy spadek zawartości wody wystąpił u klonu 1047D, a najmniejszy u klonu 1033, co miało wpływ na wartość opałową tej biomasy. Efekty interakcji klonów wierzby z nawożeniem na ciepło spalania biomasy zestawiono w tabeli 6. Wykazano, że najwyższe wartości dla ciepła spalania były przy klonie 1033 oraz, że różnice pomiędzy kombinacjami nawożenia u tego klonu były najmniejsze. Przeciętnie więcej próbek o najwyższych wartościach ciepła spalania było z obiektów bez nawożenia („a”), a najmniej – z obiektów intensywnie nawożonych („d”).

Tabela 5. Wpływ interakcji terminów poboru prób z klonami wierzby na wilgotność i wartość opałową biomasy

Table 5. Effect of interaction between dates of biomass sampling and willow clones on water content in shoots and lower heating value of biomass

Klony wierzby Willow clones	Wilgotność biomasy Water content in biomass (%)		Wartość opałowa biomasy Lower heating value of biomass (kJ·kg ⁻¹)	
	I*	II	I	II
1047	54,3	44,3	6967	9039
1054	55,3	43,3	6788	9284
1023	56,1	45,8	6648	8769
1013	58,2	49,6	6207	8004
1052	55,7	44,0	6733	9149
1047D	56,1	43,9	6631	9160
1056	57,9	49,4	6250	8040
1018	56,0	44,2	6653	9108
1033	56,8	48,8	6562	8259
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	1,1		228	

* termin poboru prób – the term of sampling: I – zimowy – winter, II – wczesnowiosenny – early spring

Tabela 6. Wpływ interakcji klonów wierzby z nawożeniem na ciepło spalania biomasy (kJ·kg⁻¹ s.m.)Table 6. Effect of interaction between clones of willow and fertilization on higher heating value of biomass (kJ·kg⁻¹ DM)

Klony wierzby Willow clones	Kombinacje nawozowe – Fertilizer treatments			
	a*	b	c	d
1047	18395	18404	18466	18403
1054	18530	18492	18390	18458
1023	18480	18630	18501	18473
1013	18526	18636	18583	18485
1052	18536	18560	18561	18427
1047D	18586	18474	18545	18430
1056	18607	18577	18459	18513
1018	18574	18448	18523	18509
1033	18723	18688	18672	18732
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	51			

* kombinacje nawozowe – fertilizer treatments: (a) bez nawożenia (kontrola) – without fertilizer (reference), (b) kompost z osadów komunalnych – compost from municipal sewage sludge (10 t·ha⁻¹ s.m. – DM), (c) kompost + azot – compost + nitrogen (90 kg N·ha⁻¹), (d) kompost + azot – compost + nitrogen (180 kg N·ha⁻¹)

Wilgotność drewna wierzbowego w doświadczeniu własnym zebrana w terminie zimowym zawierała się w przedziałach cytowanych w literaturze [Gigler i in. 2000, Stolarski i Krzyżaniak 2011, Stolarski i in. 2013a, Tharakan i in. 2003]. Biomasa wierzby cechowała się tendencją spadku wilgotności wraz wydłużaniem cyklu odrastania pędów wierzby, podobnie jak w badaniach referowanych w literaturze [Stolarski 2009, Szczukowski i in. 2005] oraz warunkach stosowania ich sezonowania przez długi okres [Stolarski i in. 2013b].

Wilgotność biomasy była praktycznie na tym samym poziomie niezależnie od terminu zbioru (listopad 2005, marzec 2006) i zawierała się w przedziale 54,1 do 49,8% [Stolarski i in. 2008]. W badaniach własnych biomasa z zimowego terminu poboru miała wilgotność od 54,3 do 58,2%, a z wczesnowiosennego od 43,3 do 49,6%. W obu terminach pobierania prób przeciętnie najwyższą wilgotnością charakteryzowała się biomasa z klonu 1013, odpowiednio 58,2 i 49,6%. Najniższą przeciętną wilgotnością (50,4%) charakteryzowała się biomasa pozyskana z obiektów bez nawożenia, a najwyższą z nawożonych kompostem i nawozem mineralnym (51,8%).

Stolarski i in. [2006] wykazali, że ciepło spalania biomasy wierzby mieściło się w przedziale od 18,56 MJ·kg⁻¹ s.m. przy zbiorze co roku, do 19,23 MJ·kg⁻¹ s.m. przy zbiorze prowadzonym co trzy lata. W badaniach Labrecque i in. [1997] ciepło spalania biomasy wierzby z gatunku *Salix viminalis* wynosiło od 18,98 – 19,49 MJ·kg⁻¹ s.m.

Badania własne potwierdzają opinie, że o wartości opałowej biomasy wierzbowej decydują nie tylko wiek plantacji, ale także odmiana, technologia jej uprawy i przebieg pogody podczas suszenia pędów wierzby po zbiorze oraz długość okresu sezonowania tej biomasy [Fijałkowska 2013, Fijałkowska i Styszko 2011, Styszko i in. 2011].

WNIOSKI

1. Ciepło spalania biomasy wierzbowej wyniosło 18528 kJ·kg⁻¹ s.m., a jej wartość opałowa – 7681 kJ·kg⁻¹. W warunkach doświadczenia biomasa miała przeciętną wilgotność 51,1%.
2. Największy wpływ na wilgotność biomasy i jej wartość opałową miało sezonowanie prób i liczba lat przyrastania pędów oraz ich interakcja, a przy ciepłym spalaniu – liczba lat przyrastania pędów i klony wierzby oraz ich interakcja. Wpływ nawożenia na te cechy był istotny, ale wyjaśniał małą część ich zmienności.
3. Na ubytek wody w pędach wierzby po zbiorze sezonowanych na polu, miał wpływ przebieg pogody, a głównie opady deszczu i temperatura powietrza.

PIŚMIENNICTWO

- Fijałkowska D. 2013. Zmienność parametrów energetycznych wierzby krzewiastej w zależności od jej uprawy. Politechnika Koszalińska. Maszynopis rozprawy doktorskiej, Koszalin: ss. 288.
- Fijałkowska D., Styszko L. 2011. Ciepło spalania i wartość opałowa biomasy wierzby z różnej liczby lat odrastania pędów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 564: 65–72.
- Gigler J.K., Loon W.K.P. van, Vissers M.M., Bot G.P.A. 2000. Forced convective drying of willow chips. Biomass Bioenerg. 19: 259–270.
- Grudziński Z. 2013. Koszty środowiskowe wynikające z użytkowania węgla kamiennego w energetyce zawodowej. Rocz. Ochr. Środ./Annual Set Environ. Prot. 15: 2249–2266.
- GUS. 2011. Energia ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2010 r. GUS Warszawa.
- Labrecque M., Teodorescu T.I., Daigle S. 1997. Biomass productivity and wood energy of *Salix* species after 2 years growth in SRC fertilized with wastewater sludge. Biomass Bioenerg. 12: 409–417.

- Ociepa-Kubiicka A., Pachura P. 2013. Wykorzystanie osadów ściekowych i kompostu w nawożeniu roślin energetycznych na przykładzie miskanta i ślazuwca. *Rocz. Ochr. Środ./Annual Set Environ. Prot.* 15: 2267–2278.
- Stolarski M. 2009. Agrotechniczne i ekonomiczne aspekty produkcji biomasy wierzby krzewiastej (*Salix* spp.) jako surowca energetycznego. Wyd. UWM Olsztyn, Rozpr. Monogr. 148: ss. 145.
- Stolarski M., Krzyżaniak M. 2011. Wartość opałowa i skład elementarny biomasy wierzby produkowanej systemem Eko-Salix. *Fragm. Agron.* 28(4): 86–95.
- Stolarski M., Tworkowski J., Szczukowski S. 2006. Produktowność i charakterystyka biomasy wierzby jako paliwa. *Energetyka* 9: 53–56.
- Stolarski M., Tworkowski J., Szczukowski S. 2008. Biopaliwa z biomasy wieloletnich roślin energetycznych. *Energetyka* 1: 77–80.
- Stolarski M.J., Szczukowski S., Tworkowski J., Klasa M. 2013a. Yield, energy parameters and chemical composition of short-rotation willow biomass. *Ind. Crops Products* 46: 60–65.
- Stolarski M.J., Szczukowski S., Tworkowski J., Krzyżaniak M. 2013b. Cost of heat energy generation from willow biomass. *Renewable Energy* 59: 100–104.
- Styszko L., Fijałkowska D., Sztyma M., Ignatowicz M. 2010. Wpływ warunków uprawy na pozyskanie biomasy wierzby energetycznej w czteroletnim cyklu. *Rocz. Ochr. Środ./Annual Set Environ. Prot.* 12: 575–586.
- Styszko L., Fijałkowska D., Sztyma-Horwat M. 2011. Influence of fertilization with compost from municipal sludges on the content of dry matter and the yield of the energy willow planted on light soil. *Environ. Prot. Eng.* 37(3): 37–45.
- Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M., Grzelczyk M. 2005. Produktowność roślin wierzby (*Salix* spp.) i charakterystyka pozyskanej biomasy jako paliwa. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 507: 495–503.
- Tharakan P.J., Volk, T.A., Abrahamson, L.P., White, E.H. 2003. Energy feedstock characteristics of willow and hybrid poplar clones at harvest age. *Biomass Bioenerg.* 25: 571–580.

D. FIJAŁKOWSKA, L. STYSZKO, A. BOGUSKI

**EFFECT OF YEARS OF CULTIVATION, FERTILIZER COMBINATIONS
AND CLONES OF WILLOW ON HIGHER HEATING VALUE AND LOWER HEATING
VALUE OF THE WILLOW BIOMASS OBTAINED DURING WINTER AND AFTER
A SHORT-TERM SEASONING**

Summary

Higher heating value, water content and lower heating value of willow biomass of nine clones of shrubby willow (*Salix viminalis*), acquired in the years 2008–2010 using different organic and mineral fertilization, is evaluated in the paper. Analyses were performed on samples of biomass acquired from the experiment of a randomized sub-blocks in a dependent system in three repetitions, in the year 2006. The sub-blocks of the first order were four fertilizer combinations, and the second order – nine clones of willow cultivated in number of 32100 plants per hectare. The applied combination of fertilizers were: (a) objects without fertilization, (b) fertilization with compost from municipal sewage sludge (10 t·ha⁻¹ dry matter), (c) fertilization with compost (10 t·ha⁻¹ dry matter) and nitrogen in the amount of 90 kg·ha⁻¹ N, and (d) fertilization with compost (10 t·ha⁻¹ dry matter) and nitrogen in the amount of 180 kg·ha⁻¹ N. The compost was applied in April 2006 and mineral fertilizer in the years 2006–2009, before willow vegetation started. The analyses show that, the higher heating value of biomass was 18528 kJ·kg⁻¹ of dry mass. In the experimental conditions, average water content in the biomass was 51.1% and lower heating value 7681 kJ·kg⁻¹. The factors that most influenced water content in biomass and its lower heating value were date of sampling, years of regrowth of shoots and their interaction. In case of the higher heating value of the biomass the most essential factors were years of regrowth of shoots and willow clones as well as their

interactions. The effect of fertilization on those factors was important, but explained a small part of the variation. Course of the weather (rain and air temperature) had an impact on the loss of water in the shoots after harvesting, which were stored in the field.

Key words: willow, biomass, higher heating value (HHV), lower heating value (LHV), fertilizer treatment, clones

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 4.02.2014

Do cytowania – *For citation*:

Fijałkowska D., Styszko L., Boguski A. 2014. Wpływ lat uprawy, kombinacji nawożenia i klonów na ciepło spalania i wartość opałową biomasy wierzby pozyskanej w okresie zimowym i po krótkotrwałym jej sezonowaniu. *Fragm. Agron.* 31(3): 41–49.