

## WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE I CHEMICZNE SUROWCÓW ROŚLINNYCH STOSOWANYCH DO PRODUKCJI BIOPALIW

Stanisław Skonecki, Sławomir Gawłowski, Milena Potręć, Janusz Laskowski  
*Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

**Streszczenie.** Przedstawiono wyniki badań właściwości fizycznych i chemicznych biomasy roślinnej: miskanta olbrzymiego, ślazuwca pensylwańskiego, topinambura, trawy turzycowej i wierzby wiciowej. Określono wilgotność, skład granulometryczny, średni wymiar cząstek, gęstość w stanie zsypanym, gęstość w stanie utrzęsonym, kąt zsypania, kąt usypu surowców oraz zawartość tłuszczu, białka, popiołu, włókna i węglowodanów. Wyniki poddano ocenie statystycznej. Obliczono średnie wartości, odchylenia standardowe oraz określono istotność różnic średnich wartości właściwości fizycznych i ilości składników chemicznych w zależności od surowca. Stwierdzono, że występuje różna zmienność rozrzutu wartości poszczególnych właściwości fizycznych i chemicznych oraz, że właściwości te zależą istotnie od rodzaju surowca.

**Słowa kluczowe:** właściwości fizyczne, właściwości chemiczne, biomasa, miskant olbrzymi, ślazuwiec pensylwański, topinambur, trawa turzycowa, wierzba wiciowa

### Wstęp

Biomasa stanowi znaczny potencjał energetyczny. Obejmuje ona między innymi odpady poprodukcyjne produkcji rolniczej (słoma, siano), odpady leśne oraz przemysłu drzewnego. Dużą grupę w biomasie stanowią surowce pochodzące z jednorocznych i wieloletnich upraw rolniczych, do których zalicza się między innymi: wierzbę, topolę, olchę, topinambur, ślazuwiec pensylwański, miskant olbrzymi [Denisiuk 2006; 2008; Gradziuk i Kościk 2007; Kalembasa 2006]. Materiały te, ze względu na małą gęstość oraz niską wartość opałową (odniesioną do jednostki objętości), są trudne w dystrybucji ich w postaci nieprzetworzonej [Adameczyk i in. 2005]. Dla polepszenia przydatności biomasy do celów energetycznych należy zwiększyć jej gęstość, co uzyskuje się przez ciśnieniowe zagęszczenie luźnego surowca w procesie brykietowania lub peletowania do postaci brykiety lub peletu [Hejft 2002; 2006; Kowalczyk-Juśko 2009]. Przebieg procesu i uzyskanie produktu o odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej zależy od właściwości fizycznych surowca i jego składu chemicznego (zawartości tłuszczu, białka, popiołu, włókna, węglowodanów) [Hejft 2002; Laskowski 1989; Mani i in. 2006; Skonecki i Laskowski 2010; Skonecki i Potręć 2008a; 2008b, 2010b]. Znajomość właściwości fizycznych jest niezbędna także do ustalenia warunków składowania, magazynowania oraz transportu surowców [Horabik 2001]. Do najważniejszych właściwości materiałów sypkich zalicza się: wilgotność, skład granulometryczny, średni wymiar cząstek, gęstość w stanie zsypanym i utrzęsonym, kąt

zsyphu i usyphu [Tabil i Sokhansanj 1996; Warechowska i in. 2005; Mani i in. 2006]. Wiele prac poświęconych było analizie składu pierwiastkowego biomasy (węgiel, wodór, tlen, azot, siarka, chlor), zawartości popiołu i jego składu [Kalembasa 2006; Winnicka i in. 2005; Wisz i Matwiejew 2005]. Natomiast skład chemiczny badano głównie dla surowców paszowych [Kulig i Laskowski 2005; 2006; Laskowski 1989]. W pracy [Skonecki, Potręć 2010 a] autorzy przedstawili analizę składu chemicznego dla wiórów sosnowych, wiórów topoli, słomy owsianej oraz liści topinambura.

Celem niniejszych badań jest określenie podstawowych właściwości fizycznych i chemicznych biomasy roślinnej: miskanta olbrzymiego, ślazuca pensylwańskiego, topinambura (lodygi), trawy turzycowej i wierzby wiciowej.

## Materiał i metodyka badań

Materiał do badań stanowiły surowce energetyczne pochodzące z uprawy Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie - miskant olbrzymi, ślazuca pensylwański i wierzba wiciowa. Badaniami objęto także trawę turzycową z zakładu Osmofrost w Osmolicach i topinambur z prywatnego gospodarstwa rolnego w gminie Piaski. Próbkę surowców rozdrobniono na rozdrabniaczu bijakowym ML 500 z sitem o średnicy oczek 4 mm.

Dla rozdrobnionych surowców wyznaczono wilgotność metodą suszarkową zgodnie z PN-ISO 712:2002. Następnie określono podstawowe właściwości fizyczne:

- skład granulometryczny zgodnie z PN-89/R-64798 przy wykorzystaniu laboratoryjnego przesiewacza SASKIA Thyr 2 i zestawu sit o wymiarach oczek: 0,2; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,2 mm,
- średni wymiar cząstek (moduł rozdrobnienia) obliczono ze wzoru:

$$d_c = \frac{\sum_{i=1}^{i=n+1} h_i \cdot P_i}{100} \quad (1)$$

gdzie:

- $d_c$  – średni wymiar cząstek;
- $h_i$  – średni wymiar otworów dwóch sąsiednich sit, mm;
- $P_i$  – pozostałości cząstek zatrzymanych na danym sicie [%],
- $n$  – liczba stosowanych sit,
- gęstość w stanie zsypanym zgodnie z PN-ISO 7971-2:1998 (w badaniach wykorzystano gęstościomierz zbożowy RP T 01 77 o objętości 1 dm<sup>3</sup>),
- gęstość w stanie utrzęzionym zgodnie z PN-80/C-04532 przy pomocy urządzenia typu Backer-Rosenmuller,
- kąt zsyphu zgodnie z PN-74/Z-04002/08 (wykorzystano aparat uchylny z płytą stalową ocynkowaną),
- kąt usyphu zgodnie z PN-74/Z-04002/07.

Oznaczenia zawartości poszczególnych składników chemicznych wykonano w Centralnym Laboratorium Aparaturowym Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Określono w surowcach ilość (w %):

- tłuszczu (metoda Soxhleta, zgodnie z PN-A-79011-4:1998),
- białka (metoda Kjeldahla, zgodnie z PN-75/A-04018/Az3:2002),
- popiołu (metoda wagową, zgodnie z PN-A-79011-8:1998),
- włókna (metoda Kürschnera-Hanaka w modyfikacji Kürschnera-Scharrera),
- węglowodanów, obliczonych z wzoru: węglowodany = 100 - (woda + tłuszcz + białko + popiół + włókno).

Obliczono średnie wartości właściwości fizycznych i ilości poszczególnych składników chemicznych oraz odchylenia standardowe. Określono istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami badanych właściwości w zależności od surowca (test Tukeya). Do analiz przyjęto poziom istotności  $p = 0,05$ . Obliczenia wykonano przy wykorzystaniu programu StatSoft, Inc. [2007], STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.

## Wyniki badań

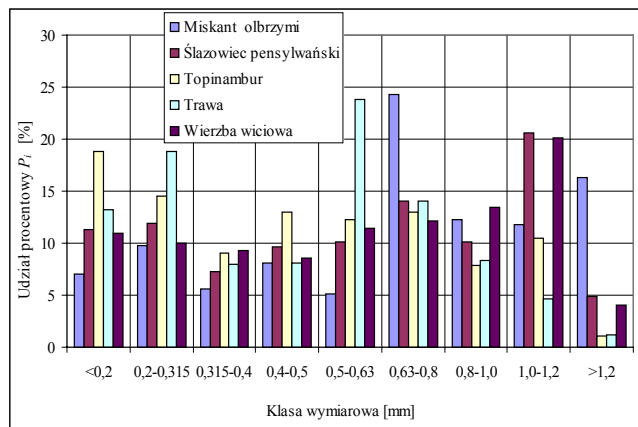
Wyniki badań właściwości fizycznych przedstawiono na rysunku 1 oraz w tabeli 1, natomiast składu chemicznego w tabeli 2. Na podstawie wartości odchylenia standardowego (tab. 1 i 2) można stwierdzić, że występuje różna zmienność rozrzutu wartości poszczególnych właściwości fizycznych i chemicznych i zależy ona od rodzaju surowca.

Skład granulometryczny surowców przedstawiono na rysunku 1. Dla dwu surowców tj. ślazowca pensylwańskiego i wierzby wiciowej największą frakcją stanowią cząstki o wymiarach w zakresie od 1 mm do 1,2 mm, a procentowy udział wynosi odpowiednio 20,6% i 20,1%. Dla pozostałych surowców największą frakcją są cząstki dla: topinambura o wymiarach mniejszych od 0,2 mm ( $P_i=18,8\%$ ), trawy od 0,5 mm do 0,63 mm ( $P_i=23,8\%$ ), miskanta olbrzymiego od 0,63 mm do 0,8 mm ( $P_i=24,3\%$ ). Najmniej w badanych surowcach (z wyjątkiem miskanta olbrzymiego) jest cząstek o wielkości powyżej 1,2 mm (udział procentowy wynosi dla tej klasy wymiarowej od 1,1% dla topinamburu do 4,9% dla ślazowca pensylwańskiego, dla miskanta olbrzymiego  $P_i=16,3\%$ ).

Obliczony na podstawie składu granulometrycznego średni wymiar cząstek surowców przedstawia się następująco: miskant olbrzymi 0,74 mm, ślazowiec pensylwański 0,65 mm, topinambur 0,52 mm, trawa 0,51 mm, wierzba wiciowa 0,66 mm.

Wartości gęstości w stanie zsypanym i utrzesionym badanych surowców podano w tabeli 1. Najmniejszą gęstością zarówno w stanie zsypanym jak i utrzesionym odznacza się miskant olbrzymi, odpowiednio  $71,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $92,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , natomiast największą wierzba wiciowa - gęstość w stanie zsypanym  $155,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , w stanie utrzesionym  $193,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Średnie wartości gęstości w stanie zsypanym i utrzesionym różnią się istotnie dla surowców z wyjątkiem gęstości w stanie utrzesionym dla ślazowca i topinambura (grupa jednorodna a).

Wartości kąta zsypania dla badanych materiałów zawierają się w przedziale od  $35^\circ$  (ślazowiec pensylwański) do  $42,7^\circ$  (trawa turzycowa), natomiast kąta usypu od  $31^\circ$  (topinambur) do  $51,9^\circ$  (miskant olbrzymi) (tab. 1). Analiza istotności różnic średnich wartości kąta zsypania (tab. 1) wykazała, że kąt zsypania jest różny dla badanych surowców, z wyjątkiem miskanta i trawy, dla których kąt zsypania należy do grupy jednorodnej a. Średnie wartości kąta usypu również istotnie różnią się w zależności od rodzaju surowca (jedynie ślazowiec i trawa należą do jednej grupy a).



Rys. 1. Udział procentowy poszczególnych frakcji badanych surowców  
 Fig. 1. Percentage in particular fraction of the researched raw materials

Tabela 1. Właściwości fizyczne i porównanie średnich wartości w zależności od rodzaju surowca  
 Table 1. Physical properties and comparison of average values depending on the type of raw material

Właściwość fizyczna	Surowiec	Wartość			
		Średnia (x)*	Minimum	Maksimum	Odch. stand.
Gęstość w stanie zsypanym [kg·m <sup>-3</sup> ]	Miskant olbrzymi	71,5 (a)	71,2	71,6	0,231
	Ślázowiec pensylwański	142,3 (c)	140,3	144,2	1,950
	Topinambur	148,3 (d)	146,7	149,5	1,442
	Trawa turzycowa	91,7 (b)	91,6	91,8	0,100
	Wierzba wiciowa	155,2 (e)	153,2	157,3	2,050
Gęstość w stanie utrząsionym [kg·m <sup>-3</sup> ]	Miskant olbrzymi	92,9 (b)	89,8	94,6	2,703
	Ślázowiec pensylwański	175,9 (a)	174,2	177,9	1,853
	Topinambur	175,3 (a)	174,8	176,1	0,692
	Trawa turzycowa	112,3 (c)	111,1	113,5	1,189
	Wierzba wiciowa	193,5 (d)	191,8	195,4	1,774
Kąt zsypu [°]	Miskant olbrzymi	42,3 (a)	41,0	43,0	1,155
	Ślázowiec pensylwański	35,0 (c)	35,0	35,0	0,000
	Topinambur	41,0 (a, b)	41,0	41,0	0,000
	Trawa turzycowa	42,7 (a)	42,0	44,0	1,155
	Wierzba wiciowa	39,7 (b)	39,0	40,0	0,577
Kąt usypu [°]	Miskant olbrzymi	51,9 (d)	51,4	52,5	0,555
	Ślázowiec pensylwański	35,6 (a)	35,6	35,6	0,000
	Topinambur	31,0 (b)	30,3	31,7	0,703
	Trawa turzycowa	36,1 (a)	35,6	36,3	0,362
	Wierzba wiciowa	43,4 (c)	43,0	44,1	0,580

(x)\* - Litery w nawiasach a, b, c, d, e oznaczają grupy jednorodne (średnie wartości właściwości różnią się istotnie pomiędzy grupami)

Źródło: obliczenia własne

Właściwości fizyczne...

W tabeli 2 przedstawiono wyniki analizy zawartości składników chemicznych w surowcach. Wilgotność wynosi od 6,27% (dla trawy turzycowej) do 11,05% (dla ślazuwca pensylwańskiego).

Tabela 2. Skład chemiczny i porównanie średnich wartości ilości poszczególnych składników w zależności od rodzaju surowca

Table 2. Chemical properties and comparison of average values depending on the type of raw material

Skład chemiczny	Surowiec	Wartość			
		Średnia (x)*	Minimum	Maksimum	Odch. stand.
Tłuszcz [%]	Miskant olbrzymi	0,96 (a)	0,92	1,00	0,040
	Ślazuwec pensylwański	0,37 (c)	0,35	0,38	0,015
	Topinambur	0,74 (b)	0,68	0,79	0,056
	Trawa turzycowa	0,96 (a)	0,85	1,08	0,115
	Wierzba wiciowa	0,86 (a, b)	0,79	0,90	0,064
Białko [%]	Miskant olbrzymi	2,20 (b)	2,14	2,23	0,052
	Ślazuwec pensylwański	0,85 (a)	0,81	0,90	0,047
	Topinambur	2,86 (c)	2,74	2,94	0,108
	Trawa turzycowa	6,22 (e)	6,12	6,27	0,084
	Wierzba wiciowa	4,31 (d)	3,78	4,63	0,462
Popiół [%]	Miskant olbrzymi	3,38 (b)	3,29	3,46	0,085
	Ślazuwec pensylwański	1,57 (a)	1,56	1,58	0,012
	Topinambur	7,79 (c)	7,68	7,85	0,093
	Trawa turzycowa	8,60 (d)	8,48	8,73	0,125
	Wierzba wiciowa	1,37 (a)	1,27	1,50	0,118
Włókno [%]	Miskant olbrzymi	44,25 (e)	44,13	44,42	0,153
	Ślazuwec pensylwański	42,53 (d)	42,25	42,94	0,363
	Topinambur	29,59 (a)	29,11	29,89	0,420
	Trawa turzycowa	38,48 (c)	38,26	38,76	0,255
	Wierzba wiciowa	35,83 (b)	35,66	36,05	0,200
Węglowodany [%]	Miskant olbrzymi	40,30 (a)	40,07	40,49	0,212
	Ślazuwec pensylwański	43,64 (b)	42,82	44,17	0,722
	Topinambur	50,68 (d)	50,21	50,94	0,405
	Trawa turzycowa	39,47 (a)	38,72	39,96	0,658
	Wierzba wiciowa	47,94 (c)	47,85	48,02	0,085
Wilgotność [%]	Miskant olbrzymi	8,92 (a, b)	8,89	8,94	0,026
	Ślazuwec pensylwański	11,05 (d)	10,82	11,47	0,367
	Topinambur	8,34 (a)	7,62	8,77	0,630
	Trawa turzycowa	6,27 (c)	5,61	6,78	0,601
	Wierzba wiciowa	9,69 (b)	9,63	9,75	0,060

(x)\* - Litery w nawiasach a, b, c, d, e oznaczają grupy jednorodne (średnie wartości właściwości różnią się istotnie pomiędzy grupami)

Źródło: obliczenia własne

Z danych przedstawionych w tabeli 2 wynika, że zawartość tłuszczu w surowcach zawiera się w przedziale od 0,37% do 0,96%. Ilość tłuszczu w miskancie olbrzymim i trawie jest największa (0,96%) i nie różni się istotnie (grupa jednorodna a). Najmniejszą ilość tłuszczu wynoszącą 0,37% zawiera ślazowiec pensylwański.

Zawartość białka wynosi od 0,85% dla ślazowca pensylwańskiego do 6,22% dla trawy turzycowej (tab. 2). Średnie wartości ilości białka różnią się istotnie dla wszystkich surowców (tab. 2 – występują jedynie grupy jednorodne a, b, c, d, e). Natomiast średnia ilość popiołu nie różni się istotnie dla ślazowca pensylwańskiego (1,57%) i wierzby wiciowej (1,37%) – grupa jednorodna a. Średnie wartości ilości popiołu dla pozostałych surowców różnią się istotnie i wynoszą od 3,38% dla miskanta olbrzymiego do 8,6% dla trawy. Ilość włókna (tab. 2) jest najmniejsza w topinamburze (29,59%), a największa w miskancie olbrzymim (44,25%). Zawartość włókna w poszczególnych surowcach różni się istotnie.

Ilość węglowodanów w badanych surowcach wynosi ponad 39% (tab. 2). Analiza istotności różnic średnich wartości ilości węglowodanów wykazała, że zawartość tego składnika jest istotnie różna w badanych surowcach, za wyjątkiem miskanta olbrzymiego i trawy turzycowej (grupa jednorodna a – ilość węglowodanów wynosi około 40%). Najwięcej węglowodanów zawiera topinambur (50,68% – grupa jednorodna d).

## Wnioski

1. Analiza statystyczna (odchylenie standardowe, ocena istotności różnic pomiędzy średnimi wartościami) właściwości fizycznych i ilości składników chemicznych wykazała, że właściwości te zależą istotnie od rodzaju biomasy.
2. Najmniejszą gęstością w stanie zsypanym i utrzesionym odznacza się miskant olbrzymi, odpowiednio  $71,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $92,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , natomiast największą wierzba wiciowa – gęstość w stanie zsypanym  $155,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , w stanie utrzesionym  $193,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .
3. Dla większości surowców średnie wartości kąta zsypu i usypu różnią się istotnie. Najmniejszą wartością kąta zsypu charakteryzuje się ślazowiec pensylwański ( $33^\circ$ ) a usypu topinambur ( $31^\circ$ ). Największą wartość kąta zsypu wynoszącą  $42,7^\circ$  uzyskano dla trawy turzycowej, natomiast kąta usypu  $51,9^\circ$  dla miskanta olbrzymiego.
4. Średnia ilość tłuszczu w badanych surowcach jest mniejsza od 1%, a białka od 6,5%. Średnia zawartość tłuszczu nie różni się istotnie dla miskanta olbrzymiego i trawy turzycowej. Dla tych surowców zawartość tłuszczu jest największa i wynosi 0,96%. Najmniej tłuszczu 0,37% jest w ślazowcu pensylwańskim. Natomiast zawartość białka wynosi od 0,85% (ślazowiec pensylwański) do 6,22% (trawa turzycowa).
5. Najmniejszą ilość popiołu zawiera wierzba wiciowa (1,37%) i ślazowiec pensylwański (1,57%) i ona nie różni się istotnie dla tych surowców. Średnie wartości ilości popiołu dla pozostałych surowców różnią się istotnie. Największą ilość popiołu wynoszącą 8,6% ma trawa.
6. Badane surowce zawierają: włókna od 29,59% (topinambur) do 44,25% (miskant olbrzymi) i węglowodanów od 39,47% (trawa turzycowa) do 50,68% (łodygi topinambura). Ilość tych składników zależy istotnie od rodzaju surowca.

## Bibliografia

- 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). s. 5-8.
- Denisiuk W.** 2006. Koszt likwidacji plantacji roślin energetycznych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 12(87). s. 99-107.
- Denisiuk W.** 2008. Słoma - potencjał masy i energii. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 2(100). s. 23-30.
- Gradziuk P., Kościuk K.** 2007. Analiza możliwości i kosztów pozyskania biomasy na cele energetyczne na potrzeby energetycznego wykorzystania w gminie Clomas. Opracowanie na zlecenie Urzędu Gminy Clomas [dostęp 22-03-2011]. Dostępny w Internecie: <http://www.rsi.podkarpackie.pl/praktyki/publikacje/cmolas/2.pdf>.
- Hejft R.** 2006. Wytwarzanie brykietów z odpadów roślinnych w ślimakowym układzie roboczym. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 5(80). s. 231-238.
- Hejft R.** 2002. Ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych. Politechnika Białostocka, Wyd. i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji w Radomiu. ISBN 8372042519.
- Horabik J.** 2001. Charakterystyka właściwości fizycznych roślinnych materiałów sypkich istotnych w procesach składowania. *Acta Agrophysica*. 54. ISSN 1234-4125.
- Kalembasa D.** 2006. Ilość i skład chemiczny popiołu z biomasy roślin energetycznych. *Acta Agrophysica*. 7(4). s. 909-914.
- Kowalczyk-Juśko A.** 2009. Uciążliwa, ale bardzo atrakcyjna. *Aeroenergetyka*. 4. s. 17-20.
- Kulig R., Laskowski J.** 2005. Wpływ zawartości tłuszczu na proces granulowania materiałów paszowych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 7(67). s. 59-68.
- Kulig R., Laskowski J.** 2006. Wpływ zawartości włókna na proces granulowania materiałów paszowych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 5(80). s. 365-374.
- Laskowski J.** 1989. Studia nad procesem granulowania mieszanek paszowych. Seria Wydawnicza - Rozprawy Naukowe. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie. 113.
- Mani S., Tabil L.G., Sokhansanj S.** 2006. Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses. *Biomass and Bioenergy*. 30(7). s. 648 - 654.
- Skonecki S., Laskowski J.** 2010. Wpływ wilgotności śruty zbożowej na proces wytłaczania. *Acta Agrophysica*. 15(1). s. 155-165.
- Skonecki S., Potręć M.** 2008a. Wpływ wilgotności łusek kolb kukurydzy na parametry zagęszczania. *Acta Agrophysica*. 11 (3). s. 725-732.
- Skonecki S., Potręć M.** 2008b. Wpływ wilgotności słomy owsianej na podatność na zagęszczanie. Rozdział nr 9 w Monografii pod redakcją B. Dobrzańskiego, A. Rutkowskiego i R. Rybczyńskiego „Właściwości fizyczne i biochemiczne materiałów roślinnych”. Wyd. Nauk. FRNA, Komitet Agrofizyki PAN, Lublin. s. 147-156. ISBN-13: 978-83-60489-09-3.
- Skonecki S., Potręć M.** 2010a. Właściwości fizyczne i chemiczne biomasy roślinnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. Z.* 546. s. 335-340.
- Skonecki S., Potręć M.** 2010b. Wpływ wilgotności na ciśnieniowe zagęszczanie biomasy roślinnej. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z.* 546. s. 341-346.
- Tabil L.G., Sokhansanj S.** 1996. Process conditions affecting the physical quality of alfalfa pellets. *Applied Engineering in Agriculture*. 12(3). s. 345-350.
- Warechowska M., Warechowski J., Domska D.** 2005. Wpływ odmiany pszenżyta na wybrane właściwości fizyczne rozdrobnionego ziarna. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 9(69). s. 353-359.
- Winnicka G., Tramer A., Świeca G.** 2005. Badania właściwości biomasy stałej do celów energetycznych. *Karbo*. 2. s. 141-147.
- Wisł J., Matwiejew A.** 2005. Biomasa – badania w laboratorium w aspekcie przydatności do energetycznego spalania. *Energetyka*. 9. s. 631-635.

## PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF PLANT RAW MATERIALS USED FOR BIOFUELS PRODUCTION

**Abstract.** The research results of physical and chemical properties of the following plant biomass were presented: miscanthus giganteus, Virginia mallow, topinambour, carex grass and basket willow. The research determined humidity, grain-size composition, average size of fractions, bulk density, shaked density, slip angle, angle of repose of raw materials and fat, protein, ash, fiber and carbohydrates content. The results were subjected to statistical assessment. Average values, standard deviation were calculated and importance of average values of physical properties and amount of chemical ingredients depending on the raw material were determined. It was determined, that various variability of values scatter of selected physical and chemical properties occurs and that these properties depend considerably on the kind of the raw material.

**Key words:** physical properties, chemical properties, biomass, Virginia mallow, topinambour, carex grass, basket willow

**Adres do korespondencji:**

Stanisław Skonecki; e-mail: stanislaw.skonecki@up.lublin.pl  
Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
ul. Doświadczalna 44  
20-280 Lublin-Felin