

ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH PIERWIASTKÓW W BIOMASIE KILKU GATUNKÓW ROŚLIN ENERGETYCZNYCH

Halina Borkowska¹, Wojciech Lipiński²

¹Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

e-mail: halina.borkowska@ar.lublin.pl

²Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza
ul. Żółkiewskiego 17, 05-075 Warszawa

Streszczenie. Materiałem badań była biomasa czterech wieloletnich gatunków roślin energetycznych (miskant cukrowy, miskant olbrzymi, ślazowiec pensylwański, wierzba konopianka) pochodząca z eksperymentu, w którym porównywano wzrost, rozwój i plonowanie tych gatunków w agrokologicznych warunkach GD Felin Akademii Rolniczej w Lublinie. W odniesieniu do ślazowca pensylwańskiego do badań pobrano również próby pochodzące z doświadczenia uwzględniającego dwa poziomy nawożenia azotem (100 i 200 kg·ha⁻¹ N) i fosforem (90 i 120 kg·ha⁻¹ P₂O₅) oraz nawożenie potasem w postaci KCl lub K₂SO₄ (100 kg·ha⁻¹ K₂O). W Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Warszawie w pobranych próbach materiału roślinnego oznaczono zawartość popiołu surowego, N, P, K, Mg, Ca, Na, S i Cl. Spośród badanych gatunków miskant cukrowy zawierał najwięcej popiołu, zaś miskant olbrzymi charakteryzował się małą zawartością chloru, wapnia i potasu. Biomasa ślazowca pensylwańskiego wyróżniała się najwyższą zawartością potasu, wapnia i chloru, natomiast najmniejszym udziałem azotu i fosforu. Na tle pozostałych gatunków dwa badane klony wierzby (1047, 1054) odznaczały się najniższą zawartością popiołu surowego przy najwyższym udziale azotu i fosforu. Poziomy nawożenia azotem i fosforem nie wpływały istotnie na zawartość oznaczanych składników, zaś zastosowanie siarczanu potasu w porównaniu z chlorkiem potasu spowodowało zmniejszenie zawartości w ślazowcu pensylwańskim azotu, magnezu, wapnia i chloru.

Słowa kluczowe: pierwiastki, miskanty, ślazowiec pensylwański, wierzba konopianka

WSTĘP

Konieczność przeciwdziałania zachodzącym zmianom klimatycznym wymusza podejmowanie działań zmierzających do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych (Faber 2001). Jednym ze sposobów jest zastępowanie kopalnych źródeł energii źródłami odnawialnymi, między innymi biomasa roślinną. Biomasa ro-

ślinną można pozyskiwać z odpadów (np. drzewnych), produkcji ubocznej (np. słoma) lub z plantacji celowych, głównie gatunków wieloletnich. Wśród roślin o dużym potencjale plonowania na uwagę zasługują przede wszystkim takie gatunki jak wierzby krzewiaste, ślazier pensylwański i miskanty (Borkowska i Styk 2006, Jeżowski 1999, Kalembasa 2006, Szczukowski i in. 2004 i 2006). Gatunki te mogą stanowić źródło znacznych ilości biomasy ($10\text{--}20\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) z tej samej plantacji przez kilkanaście lat. Dla odbiorcy ważna jest nie tylko stała podaż surowca na odpowiednim poziomie, ale również jego jakość, często związana z zawartością różnych pierwiastków.

Na zawartość pierwiastków w biomacie mają wpływ cechy uwarunkowane genetycznie, które w pewnym stopniu modyfikowane są warunkami środowiskowymi takimi jak właściwości gleby (zasobność, pH), przebieg pogody (opady), a także zabiegami agrotechnicznymi – głównie nawożeniem.

Stąd w niniejszych badaniach przedstawiono zawartości wybranych pierwiastków w biomacie wierzby konopianki, ślazier pensylwańskiego, miskantów (olbrzymiego i cukrowego) uprawianych w tych samych warunkach agroekologicznych. Określono też wpływ zróżnicowanego nawożenia mineralnego na zawartość tych pierwiastków w biomacie ślazier pensylwańskiego.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badań pochodził z dwóch odrębnych eksperymentów prowadzonych w GD Felin. Próby biomasy dwóch klonów (1047 i 1054) wierzby konopianki (*Salix viminalis* L.), ślazier pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* R.), miskanta olbrzymiego (*Miscanthus sinensis* (Thunb.) „*Giganteus*”) i miskanta cukrowego (*Miscanthus sacchariflorus*) pobrano z eksperymentu mającego na celu porównanie wzrostu, rozwoju i plonowania tych gatunków. Próby materiału roślinnego, w których określano wpływ różnych poziomów nawożenia azotem (100 i $200\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N), fosforem (90 i $120\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P_2O_5) i dwóch form nawozów potasowych (KCl i $\text{K}_2\text{SO}_4 - 100\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ K_2O) pochodziły z innego doświadczenia, w którym obiektem badań był tylko ślazier pensylwański.

W Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Warszawie w próbach materiału roślinnego oznaczono zawartość popiołu surowego (mineralizacja w piecu elektrycznym w temperaturze 580°C), zaś pozostałe pierwiastki oznaczano po mineralizacji materiału roślinnego w H_2SO_4 i H_2O_2 (zawartość siarki oznaczano po mineralizacji na sucho). Azot oznaczono miareczkowaniem potencjometrycznym, fosfor – kolorymetrycznie, potas, wapń i sód – fotometrią płomieniową, magnez – AAS, siarkę i chlor metodą nefelometryczną.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przedstawione w tabeli 1 dane wskazują na duże zróżnicowanie zawartości poszczególnych składników w biomacie badanych gatunków. Przykładem może być czterokrotnie wyższa zawartość popiołu surowego w suchej masie miskanta cukrowego niż w wierzbie konopiance. Na najniższą zawartość popiołu w biomacie wierzby spośród badanych roślin energetycznych wskazała również Kalembasa (2006). W masie klonu 1054 wierzby stwierdzono najwięcej, wśród badanych gatunków, azotu i fosforu, zaś najmniej tych pierwiastków zawierał ślazowiec pensylwański. Biomasa tego ostatniego zawierała więcej niż pozostałych roślin, potasu, wapnia i chloru. W literaturze przedmiotu (Kalembasa 2006) można znaleźć dane wskazujące na podobnie wysoką zawartość wapnia, zaś kilkakrotnie niższy udział potasu w masie ślazowca niż w wierzbie krzewiastej i miskancie chińskim. Miskant cukrowy poza wysoką zawartością popiołu wyróżniał się najwyższym udziałem sodu i siarki, zaś w miskancie olbrzymim stwierdzono niewielkie ilości potasu, wapnia i chloru. Podobnie jak w badaniach Kalembasy (2006) miskant olbrzymi zawierał najwięcej magnezu spośród omawianych gatunków.

Energię z biomasy roślinnej uzyskuje się głównie na drodze pirolizy, zgazowania czy też bezpośredniego spalania odpowiednio rozdrobnionej lub poddanej granulacji masy. Uzyskanie wysokiej jakości granulatu, np. peletu, uwarunkowane jest jakością surowca (biomasy), zależną między innymi od zawartości różnych pierwiastków. Jak wynika z danych piśmiennictwa pelety wyprodukowane z masy ślazowca zawierały nadmierne ilości azotu i chloru w porównaniu z dopuszczalnymi przez niemiecką normę DIN 51731 (Borkowska i Styk 2006). Z danych zawartych w tabeli 2 wynika brak istotnego wpływu poziomu nawożenia azotem na zawartość niektórych pierwiastków w łodygach ślazowca pensylwańskiego. Można jedynie wskazać na tendencję spadkową zawartości popiołu surowego, fosforu i chloru wywołaną intensywniejszym dokarmianiem roślin azotem ($200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Zmniejszenie zawartości fosforu spowodowane wyższą dawką nawożenia azotem potwierdzają badania Kalebasy i Wiśniewskiej (2006).

Zwiększenie dawki nawozów fosforowych z 90 do $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ nie wywołało istotnych różnic w zawartości popiołu surowego.

Istotne zmiany w zawartości kilku z oznaczanych pierwiastków odnotowano jedynie pod wpływem formy w jakiej wnoszono do gleby potas. Zastosowanie nawożenia potasem w formie siarczanu (K_2SO_4) w porównaniu z chlorkiem (KCl) spowodowało istotne obniżenie zawartości azotu, magnezu, wapnia i chloru w masie ślazowca pensylwańskiego. Nawożenie ślazowca siarczanem potasu przyczyniło się do, niemal pięciokrotnego, obniżenia zawartości chloru w masie, co może mieć duże znaczenie w spełnieniu wymagań normy DIN 51731, określającej przydat-

ność surowca do produkcji peletów, tym bardziej, że zawartość azotu mieściła się już, w dopuszczalnych normą granicach (<0,3%).

Tabela 1. Zawartość popiołu surowego i wybranych pierwiastków ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w biomase kilku wieloletnich gatunków roślin energetycznych

Table. 1. Content of crude ash and selected elements ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.) in biomass of several species of perennial energy plants

Gatunek Species	Popiół Crude ash	N	P	K	Mg	Ca	Na	S	Cl
Miskant cukrowy Sugar Miscanthus	65,0	6,48	0,65	0,86	0,32	5,18	0,30	1,62	0,40
Miskant olbrzymi Giant Miscanthus	27,6	4,49	0,32	0,86	0,64	2,78	0,13	0,64	0,20
Ślaziovec pensylw. Virginia mallow	30,7	3,70	0,22	8,71	0,54	8,27	0,09	0,76	2,00
Wierzba kon. 1047 Coppiced willow 1047	13,7	7,14	0,87	1,73	0,43	4,43	0,09	0,43	0,40
Wierzba kon. 1054 Coppiced willow 1054	15,0	8,24	1,08	2,17	0,43	4,56	0,11	0,54	1,10

Tabela 2. Zawartość popiołu surowego i wybranych pierwiastków ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w biomacie ślazuca pensylwańskiego w zależności od poziomu nawożenia azotem, fosforem oraz formy nawozów potasowych

Table 2. Content of crude ash and selected elements ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.) in biomass of Virginia mallow in relation to the level of N and P fertilization and to the forms of potassium fertilizers

Czynniki Factor	Popiół Crude ash	N	P	K	Mg	Ca	Na	S	Cl
N $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$									
100	23,2	3,14	0,57	3,89	0,49	7,14	0,09	0,48	1,48
200	21,9	3,26	0,46	3,88	0,62	7,44	0,09	0,50	1,30
NIR _(0,05)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
P ₂ O ₅ kg·ha ⁻¹									
90	24,6	2,93	0,54	4,12	0,54	7,43	0,09	0,53	1,33
120	20,5	3,47	0,49	3,63	0,57	7,15	0,09	0,44	1,45
NIR _(0,05)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Forma nawoz. K Form of K fert.									
KCl	23,0	3,58	0,54	3,90	0,68	7,97	0,09	0,56	2,30
K ₂ SO ₄	22,0	2,83	0,49	3,85	0,44	6,62	0,09	0,42	0,48
NIR _(0,05)	r.n.	0,32	r.n.	r.n.	0,16	0,90	r.n.	r.n.	0,50
Średnio Average	22,5	3,20	0,51	3,87	0,56	7,29	0,09	0,49	1,39

WNIOSKI

1. Wśród badanych gatunków najwięcej popiołu, sodu i siarki zawierał miśkant cukrowy. Miśkant olbrzymi wyróżniał się najniższą zawartością chloru, w ślazuca pensylwańskim oznaczono więcej niż w innych gatunkach roślin potasu, wapnia i chloru, a mniej azotu, obydwa klony wierzby konopianki cechowały się najniższym udziałem popiołu i siarki, zaś największą zawartością azotu.

2. Intensywne nawożenie azotem oraz fosforem nie wpłynęło istotnie na zawartość oznaczanych składników w ślazuca pensylwańskim.

3. Zastosowanie nawożenia potasem w formie siarczanu w porównaniu z chlorem spowodowało obniżenie zawartości azotu, magnezu, wapnia i chloru w masie ślazuca pensylwańskiego.

PIŚMIENNICTWO

- Borkowska H., Styk B., 2006. Ślázowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby), Uprawa i wykorzystanie. WAR, Lublin.
- Faber A., 2001. Emisja gazów cieplarnianych oraz retencjonowanie węgla przez rolnictwo. *Fragmenta Agronomica*, 4, 102-117.
- Jeżowski S., 1999. Miskant chiński (*Miscanthus sinensis* (Thunb.) Andersson) – źródło odnawialnych i ekologicznych surowców dla Polski. *Zeszyty Prob. Post. Nauk Roln.*, 468, 159-166.
- Kalembasa D., 2006. Ilość i skład chemiczny popiołu z biomasy roślin energetycznych. *Acta Agrophysica*, 7(4), 909-914.
- Kalembasa S., Wiśniewska B., 2006. Wpływ dawek azotu na plon biomasy ślázowca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby) oraz zawartość w niej makroelementów. *Acta Agrophysica*, 8(1), 127-138/
- Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M., Przyborowski J., 2004. Plon biomasy wierzb krzewiastych pozyskiwanych z gruntów rolniczych w cyklach jednorocznych. *Fragmenta Agronomica*, 2, 5-18.
- Szczukowski S., Kościk B., Kowalczyk-Juško A., Tworkowski J., 2006. Uprawa i wykorzystanie roślin alternatywnych na cele energetyczne. *Fragmenta Agronomica*, 3, 300-315.

CONTENT OF SELECTED ELEMENTS IN BIOMASS OF SEVERAL SPECIES OF ENERGY PLANTS

*Halina Borkowska*¹, *Wojciech Lipiński*²

¹Chair of Detail Cultivation of Plants, Agricultural University
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

e-mail: halina.borkowska@ar.lublin.pl

²National Chemistry-Agriculture Station
ul. Żółkiewskiego 17, 05-075 Warszawa

Abstract. The material for the study was the biomass of four perennial species of energy plants (sugar miscanthus, giant miscanthus, Virginia mallow, coppiced willow) from an experiment in which the growth, development and yielding of the species were compared under the agroecological conditions of the Experimental Farm of the University of Agriculture, Lublin, at Felin. With relation to the Virginia mallow samples for the tests were also taken from an experiment involving two levels of nitrogen (100 and 200 kg ha⁻¹ N) and phosphorus fertilization (90 and 120 kg ha⁻¹ P₂O₅), as well as potassium fertilization in the form of KCl or K₂SO₄ (100 kg ha⁻¹ K₂O). At the Regional Chemistry-Agriculture Station in Warsaw the plant material samples were used to determine the content of crude ash, N, P, K, Mg, Ca, Na, S and Cl. Among the species tested, sugar miscanthus had the highest content of crude ash, while giant miscanthus was characterized by a low content of Cl, Ca and K. Biomass of Virginia mallow was notable for its highest content of K, Ca and Cl, and the lowest content of N and P. Compared to the other species, the two willow clones tested (1047, 1054) were characterized by the lowest content of crude ash and the highest content of nitrogen and phosphorus. The levels of N and P fertilization did not have any significant effect on the content of the determined elements, while the application of potassium sulphate, in comparison to potassium chloride, caused a decrease in the content of N, Mg, Ca and Cl in the biomass of Virginia mallow.

Keywords: elements, miscanthus, Virginia mallow, coppiced willow