

PORÓWNANIE ZAWARTOŚCI WYBRANYCH PIERWIASTKÓW
W BIOMASIE ŚLĄZOWCA PENSYLWAŃSKIEGO UPRAWIANEGO
W RÓŻNYCH WARUNKACH GLEBOWYCH

Halina Borkowska¹, Wojciech Lipiński²

¹Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy
ul Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: halina.borkowska.@ar.lublin.pl

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

Streszczenie. Materiał do badań pochodził z identycznych eksperymentów polowych prowadzonych na glebach zaliczanych do gliny średniej i piasku gliniastego lekkiego. W doświadczeniu uwzględniono dwa poziomy nawożenia azotem (100 i 200 kg·ha⁻¹ N) i fosforem (39,3 i 52,4 kg·ha⁻¹ P). Oznaczenia zawartości popiołu surowego, N, P, K, Mg, Ca, Na, S, Cl, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb i Zn wykonano ogólnie przyjętymi metodami. Biomasa ślázowca pensylwańskiego pochodząca z uprawy na piasku gliniastym lekkim zawierała istotnie więcej popiołu surowego, N, P, K, Mg, Ca, S, Ni, zaś mniej Cl. Na udział pozostałych pierwiastków gatunek gleb nie miał wpływu. Zastosowane dwa poziomy nawożenia azotem i fosforem nie zmieniały w znaczący sposób zawartości omawianych składników poza niklem i chlorem. Intensywne nawożenie azotem wpłynęło na istotne obniżenie zawartości chloru, natomiast wzrost zawartości niklu. Wyższa dawka nawozu fosforowego przyczyniła się do zmniejszenia zawartości niklu w biomacie ślázowca.

Słowa kluczowe: ślázowiec pensylwański, pierwiastki, gleby, nawożenie azotem, nawożenie fosforem

WSTĘP

Rosnące niebezpieczeństwo zmian klimatycznych zmusza społeczeństwa do rozwijania i wykorzystywania technologii ograniczających emisję gazów cieplarnianych. Znaczne ograniczenie emisji tych gazów można osiągnąć zastępując kopalne źródła energii, źródłami odnawialnymi. Spośród nich, w warunkach Polski na obecnym etapie, największe znaczenie przypisuje się biomacie, głównie pochodzenia roślinnego (Szczukowski i in. 2006). Podaż biomasy w postaci drewna, pro-

duktów odpadowych przemysłu drzewnego, ubocznej produkcji rolniczej (głównie słomy) nie jest w stanie zaspokoić zwiększającego się zapotrzebowania elektrowni, elektrociepłowni, a także mniejszych i większych kotłowni osiedlowych, nie mówiąc już o produkcji paliw transportowych drugiej generacji. Wynika stąd konieczność szybkiego zniwelowania zapóźnień naszego kraju w propagowaniu uprawy gatunków roślin o wysokim potencjale plonowania. Wśród tych roślin najczęściej wymienia się gatunki wieloletnie takie jak wierzby krzewiaste, miskanty, ślazo wiec pensylwański, topinambur i inne (Borkowska, Styk 2006, Jeżowski 1999, Szczukowski i in. 2004). Zaspokojenie zapotrzebowania na biomasa musi wiązać się z uprawą tych gatunków na dużych obszarach. Wielkoobszarowe plantacje, często z konieczności, będą lokalizowane na gruntach wyłączonych z uprawy, obejmujących z reguły gleby słabej i średniej jakości. Można przypuszczać z dużym prawdopodobieństwem, że skład chemiczny biomasy będzie zmieniał się pod wpływem różnych warunków glebowych. Skład chemiczny, w tym zawartość poszczególnych pierwiastków, może mieć znaczący wpływ na jakość przetwarzanego surowca (Srogi 2007). Znajomość zawartości różnych pierwiastków może być pomocna w doborze metody przetwarzania biomasy w energię (piroliza, współspalanie czy też formowanie paliwa stałego w postaci peletów).

W niniejszej pracy przedstawiono zawartość popiołu surowego, makroelementów, a także pierwiastków śladowych w biomacie ślazo wiec pensylwańskiego uprawianego w zróżnicowanych warunkach glebowych.

MATERIAŁ I METODY

Próbki materiału roślinnego pochodziły z identycznych eksperymentów polowych ze ślazo wiec pensylwańskim prowadzonych na dwóch różnych glebach: I – glinie średniej (Gospodarstwo Doświadczalne w Felinie) i II – piasku gliniastym lekkim (Stacja Doświadczalna w Parczewie). Obejmowały one po cztery kombinacje, każda w czterech powtórzeniach. Czynnikiem były dwa poziomy nawożenia azotem (100 i 200 kg·ha⁻¹ N w postaci mocznika) i dwa poziomy nawożenia fosforem (39,3 i 52,4 kg·ha⁻¹ P w postaci superfosfatu potrójnego) przy jednakowym nawożeniu potasem (83,0 kg·ha⁻¹ K w 60% KCl). Doświadczenia zostały założone w 2003 r., metodą bloków losowych. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 12,6 m². Materiał do badań pobrano w listopadzie roku 2006 – trzecim roku użytkowania.

Zawartość popiołu surowego, N, P, K, Mg, Ca, Na, S, Cl, Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Cr, Mn i Fe w materiale roślinnym, a także skład granulometryczny, pH, zawartość przyswajalnych form P, K, Mg oraz ogólną zawartość Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, Zn, Mn i Fe w obydwu glebach oznaczono w Krajowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Warszawie.

W materiale roślinnym oznaczenia prowadzono następująco: popiół surowy – wagowo po spalaniu w piecu elektrycznym w temperaturze 580⁰C, N – poprzez miareczkowanie potencjometryczne, makroelementy po mineralizacji w H₂SO₄ i H₂O₂ (siarka po mineralizacji na sucho); P – kolorymetrycznie metodą molibdenianową; K, Ca, Na – metodą fotometrii płomieniowej; Mg – metodą ASA; S i Cl – metodą nefelometryczną; zawartość Cd, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, Mn i Fe – metodą ASA po mineralizacji w HClO₄ i HNO₃ (IUNG, 1972).

Tabela 1. Skład granulometryczny gleb (%)

Table 1. Grain size composition of soils (%)

Gleba – Soil	2,0-0,1 mm	Udział frakcji – Fraction content 0,1-0,02 mm	< 0,02 mm
I – glina średnia – medium loam	19,60	41,45	38,95
II – piasek gliniasty lekki – light loamy sand	66,44	20,65	12,91

Skład granulometryczny gleby (tab. 1) oznaczono metodą laserową, pH – potencjometrycznie w 1 mol KCl·dm⁻³, P (kolorymetrycznie) i K (fotometria płomieniowa) po ekstrakcji mleczanem wapnia (DL), Mg – metodą ASA po ekstrakcji 0,01 mol CaCl₂, ogólną zawartość pierwiastków śladowych (tab. 2) metodą ASA, po wyekstrahowaniu wodą królewską (HCl + HNO₃ w stosunku objętościowym 3:1) (IUNG, 1972).

Tabela 2. Zawartość niektórych pierwiastków (mg·kg⁻¹) i pH gleb

Table 2. Content of selected elements (mg·kg⁻¹) and soil pH

Gleba Soil	pH	P	K	Mg	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
I	4,20	61,1	58,1	33,0	0,27	17,0	5,3	10562	575	8,5	14,0	32,7
II	4,01	86,4	74,7	14,0	0,09	8,0	1,5	750	147	3,0	6,0	14,4

Zawartość oznaczanych składników w biomacie ślázowca opracowano statystycznie, określając istotność różnic testem Tukey'a.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przedstawione w tabeli 3 dane są dość zaskakujące. Rośliny ślázowca pochodzące z uprawy na piasku gliniastym lekkim (II) zawierały ponad dwukrotnie więcej popiołu surowego niż na glinie średniej (I). Tak duża zawartość popiołu

(5,79% s.m.) jest niekorzystna w przypadku produkcji peletów (Borkowska, Styk 2006, Borkowska, Lipiński 2007). Z wymagań zawartych w normie DIN 51731 dla granulowanych paliw z drewna naturalnego wynika, że zawartość popiołu nie powinna przekraczać 1,5%. Według Cichego (2007), jednak dla nowych surowców, jakimi są rośliny energetyczne uprawy polowej, norma ta może jedynie służyć jako punkt odniesienia. Z wysokim odsetkiem popiołu surowego wiąże się duży udział w suchej masie poszczególnych pierwiastków, w pierwszym rzędzie makroelementów.

Tabela 3. Zawartość popiołu surowego oraz makroelementów (% s.m.) w biomase ślazuwca pensylwańskiego w zależności od gatunku gleby oraz nawożenia azotem i fosforem ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Table 3. Content of crude ash and macro-elements (% d.m.) in biomass of *Sida hermaphrodita* in relation to soil type and fertilization with nitrogen and phosphorus ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Czynnik Factor	Popiół Ash	N	P	K	Mg	Ca	Na	S	Cl
Gleba Soil									
I	2,258	0,320	0,050	0,423	0,056	0,746	0,009	0,053	0,163
II	5,793	0,895	0,069	1,535	0,118	1,551	0,010	0,110	0,113
NIR/LSD _(0,05)	1,276	0,162	0,013	0,355	0,023	0,300	r.n.	0,027	0,021
N fertilisation									
100	3,810	0,593	0,054	0,882	0,079	1,111	0,010	0,072	0,150
200	4,240	0,622	0,064	1,076	0,094	1,187	0,009	0,090	0,125
NIR/LSD _(0,05)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,021
P fertilisation									
39,3	4,095	0,559	0,058	0,996	0,079	1,138	0,010	0,083	0,130
52,4	3,955	0,656	0,060	0,962	0,095	1,159	0,010	0,080	0,145
NIR/LSD _(0,05)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
Średnio Mean	4,025	0,607	0,059	0,979	0,087	1,149	0,010	0,081	0,138

r.n. – różnica nieistotna – insignificant difference.

Zarówno zawartość azotu, fosforu i potasu, jak magnezu i wapnia była istotnie wyższa w biomase wyprodukowanej na glebie lekkiej niż ciężkiej. Na szczególną uwagę zasługuje kilkakrotnie wyższa zawartość potasu w ślazuwcu pochodzącym z uprawy na piasku gliniastym lekkim (1,535%) niż na glinie średniej (0,423%). Według Srogi (2007) znaczny udział pierwiastków alkalicznych przy zawartości

popiołu powyżej 5% może niekorzystnie wpływać na proces pirolizy. Analiza gleb (tab. 2) wskazuje na wyższe zawartości przyswajalnych form fosforu i potasu w piasku gliniastym lekkim niż w glinie średniej, co mogłoby tłumaczyć wyższy udział tych pierwiastków w masie roślinnej, jednak w przypadku magnezu nie ma tak prostego wytłumaczenia, ponieważ jego zawartość w glebie lekkiej była znacznie niższa. Również wyniki badań Kalembasy i Malinowskiej (2007) wskazują na wyraźny wpływ stężenia pierwiastków w podłożu, także magnezu, na ich zawartość w roślinie. Na udział sodu w ślázowcu gatunek gleby nie miał wpływu. Istotnie więcej siarki zawierała biomasa roślin uprawianych na glebie lekkiej, a przeciwną zależność stwierdzono dla chloru. Jednak w obydwu przypadkach zawartość chloru (0,113 i 0,163%) przekraczała dopuszczalną przez normę DIN 51731 (<0,03%), zaś zawartość siarki w biomacie pochodzącej z uprawy na glinie średniej (0,053%) spełniała wymagania tej normy (<0,08%) (Cichy 2005).

Zróżnicowane nawożenie azotem nie zmieniało udziału omawianych składników w biomacie ślázowca pensylwańskiego, z wyjątkiem chloru, którego zawartość była istotnie niższa po zastosowaniu wyższej dawki azotu. Rośliny zasilone $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N zawierały 0,150% Cl, zaś po wniesieniu $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N udział tego pierwiastka obniżył się do 0,125%. Jednak w przeciwieństwie do wyników badań Kalembasy i Wiśniewskiej (2006), nawożenie azotem powyżej $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ wywoływało tendencję wzrostu zawartości fosforu i potasu. Zastosowane dwa poziomy nawożenia fosforem nie wpływały istotnie na zawartość zarówno popiołu surowego jak i pozostałych makroelementów w materiale roślinnym.

Na zawartość wybranych mikroelementów i metali ciężkich (tab. 4) w ślázowcu pensylwańskim gatunek gleby nie miał istotnego wpływu, mimo że znacznie większe ich stężenia stwierdzono w glinie średniej (tab. 2). Wyjątkiem był nikiel. Zawartość niklu w glinie średniej była niemal trzykrotnie wyższa niż w piasku gliniastym lekkim, zaś w biomacie stwierdzono zależność odwrotną. Ślázowiec uprawiany na glebie lekkiej zawierał $5,772 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ niklu, natomiast z uprawy na glinie średniej tylko $1,863 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Zastosowane nawożenie mineralne, podobnie jak gatunek gleby, wpływało istotnie jedynie na zawartość niklu. Większe stężenie tego pierwiastka stwierdzono po zastosowaniu intensywnego nawożenia azotem, zaś wyższa dawka fosforu obniżała zawartość niklu w masie roślinnej. Zwiększenie poziomu nawożenia azotem ze 100 na $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N przyczyniło się do wzrostu zawartości niklu z $3,158$ na $4,477 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.. Wyższa dawka fosforu ($52,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P) w porównaniu z dawką $39,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P spowodowała obniżenie udziału Ni z $4,582$ na $3,053 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. ślázowca pensylwańskiego.

Tabela 4. Zawartość mikroelementów i metali ciężkich ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) w biomacie ślazuwca pensylwańskiego w zależności od gatunku gleby oraz nawożenia azotem i fosforem ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)**Table 4.** Content of microelements and heavy metals ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in biomass of *Sida hermaphrodita* in relation to soil type and fertilisation with nitrogen and phosphorus ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Czynnik Factor	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Gleba								
Soil								
I	0,425	1,303	3,128	203,8	20,19	1,863	0,477	12,45
II	0,540	0,514	2,500	162,6	31,58	5,772	0,568	16,49
NIR/LSD _(0,05)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,764	r.n.	r.n.
N								
fertilisation								
100								
200	0,399	1,073	2,634	157,8	22,71	3,158	0,499	15,10
NIR/LSD _(0,05)	0,566	0,744	2,994	208,6	29,06	4,477	0,549	13,84
	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,764	r.n.	r.n.
P								
fertilisation								
39,3	0,472	1,021	2,656	174,2	26,14	4,582	0,548	14,58
52,4	0,493	0,796	2,972	192,2	25,63	3,053	0,497	14,36
NIR/LSD _(0,05)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,764	r.n.	r.n.
Średnio	0,483	0,908	2,814	183,2	25,89	3,818	0,522	14,47

r.n. – różnica nieistotna – insignificant difference

WNIOSKI

1. Ślazuwec pensylwański uprawiany na piasku gliniastym lekkim zawierał więcej popiołu surowego, N, P, K, Mg, Ca i S, zaś mniej Cl niż pochodzący z uprawy na glinie średniej.

2. Intensywne nawożenie azotem ($200\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N) powodowało obniżenie zawartości chloru w biomacie ślazuwca.

3. Nie stwierdzono istotnych zmian w zawartości popiołu surowego oraz mikroelementów pod wpływem różnych dawek nawozów fosforowych.

4. Spośród ośmiu pierwiastków śladowych jedynie zawartość niklu w biomacie była istotnie wyższa w przypadku uprawy ślazuwca na piasku gliniastym lekkim oraz przy zastosowaniu intensywnego nawożenia azotem i niższej dawki fosforu.

PIŚMIENNICTWO

- Borkowska H., Styk B. 2006. Ślázowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby) Uprawa i wykorzystanie. Wydanie II poprawione i uzupełnione. WAR Lublin.
- Borkowska H., Lipiński W. 2007. Zawartość wybranych pierwiastków w biomacie kilku gatunków roślin energetycznych. *Acta Agrophysica*, 10, 287-292.
- Cichy W. 2005. Problemy z utrzymaniem jakości pelet. *Czysta Energia*, nr. 6, 39-40.
- Jeżowski S. 1999. Miskant chiński (*Miscanthus sinensis* (Thunb.) Andersson) – źródło odnawialnych i ekologicznych surowców dla Polski. *Zesz., Probl. Post. Nauk Roln.*, z. 468, 159-166.
- Kalembasa D., Malinowska E. 2007. Wpływ dawek osadu ściekowego na plon i skład chemiczny trawy *Miscanthus sacchariflorus*. *Fragmenta Agronomica*, 93, 113-118.
- Kalembasa S., Wiśniewska B. 2006. Wpływ dawek azotu na plon biomasy ślázowca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita* Rusby) oraz zawartość w niej makroelementów. *Acta Agrophysica*, 8, 127-138.
- Metody badań laboratoryjnych w stacjach chemiczno-rolniczych. Część II. Badanie materiału roślinnego. IUNG, Puławy, 1972.
- Metody badań laboratoryjnych w Ochr. Część I. Badanie gleb. IUNG, Puławy, 1980.
- Srogi K. 2007. Termiczne wykorzystanie biomasy w procesie pirolizy. *Czysta Energia*, 1, 21-23.
- Szczukowski S., Kościk B., Kowalczyk-Juško A., Tworowski J. 2006. Uprawa i wykorzystanie roślin alternatywnych na cele energetyczne. *Fragmenta Agronomica*, 3, 300-315.
- Szczukowski S., Tworowski J., Stolarski M., Przyborowski J. 2004. Plon biomasy wierzbr krzewiastych pozyskiwanych z gruntów rolniczych w cyklach jednorocznych. *Fragmenta Agronomica*, 2, 5-18.

COMPARISON OF CONTENT OF SELECTED ELEMENTS IN BIOMASS OF *SIDA HERMAPHRODITA* GROWN UNDER VARIOUS SOIL CONDITIONS

Halina Borkowska¹, Wojciech Lipiński²

¹Department of Detail Cultivation of Plants, University of Life Sciences
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 originated from identical field experiments conducted on a soil classified as medium loam and light loamy sand. The experiments included two levels of fertilisation with nitrogen (100 and 200 kg ha⁻¹ N) and phosphorus (39.3 and 52.4 kg ha⁻¹ P). Determinations of the content of crude ash, N, P, K, Mg, Ca, Na, S, Cl, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn were made in accordance with commonly accepted methods. The biomass of *Sida* from the culture on the light loamy sand had a significantly higher content of crude ash, N, P, K, Mg, Ca, S and Ni, and a lower content of Cl. The content of the other elements was not affected by the soil type. The two levels of nitrogen and phosphorus fertilisation did not modify significantly the levels of the elements under study, with the exception of nickel and chlorine. Intensive fertilisation with nitrogen significantly reduced the content of chlorine and increased the content of nickel. The higher dose of phosphorus fertiliser caused a decrease in the content of nickel in the biomass of *Sida*.

Key words: *Sida hermaphrodita*, elements, soils, nitrogen fertilisation, phosphorus fertilisation