

15-ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH PIERWIASTKÓW W BIOMASIE TRAWY
MISCANTHUS SACCHARIFLORUS I W GLEBIE POD WPŁYWEM
RÓŻNYCH DAWEK AZOTU

Dorota Kalembasa, Elżbieta Malinowska

Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Akademia Podlaska w Siedlcach
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: kalembasa@ap.siedlce.pl

Streszczenie. W doświadczeniu polowym badano wpływ różnych dawek świeżego osadu ściekowego i dla porównania nawożenia mineralnego (NPK) na zawartość wybranych pierwiastków (P, K, Ca, Mg, Na, S, Fe i Mn) w biomacie trawy *Miscanthus sacchariflorus* i w glebie, w III i IV roku eksperymentu. Zawartość ogólną pierwiastków w testowanej trawie oraz glebie (po zbiorze) oznaczono metodą ICP – AES (atomowej spektrometrii emisyjnej, z plazmą wzbudzoną indukcyjnie), po mineralizacji próbek „na sucho”, w piecu muflowym. Stwierdzono średnio większą zawartość badanych pierwiastków w biomacie trawy zebranej w III, niż w IV roku doświadczenia, za wyjątkiem fosforu. Nie zanotowano jednoznacznego wpływu nawożenia na gromadzenie się analizowanych pierwiastków w badanej roślinie. W IV roku uprawy stwierdzono mniejszą zawartość analizowanych pierwiastków w trawie nawożonej, w porównaniu z trawą nie nawożoną. W glebie, z poszczególnych obiektów nawozowych, po IV roku uprawy miskanta cukrowego zanotowano zmniejszenie się zawartości badanych pierwiastków, w porównaniu z glebą przed założeniem doświadczenia.

Słowa kluczowe: trawa *Miscanthus sacchariflorus*, wybrane pierwiastki, nawożenie, osad ściekowy

WSTĘP

Rosnący popyt na energię przy coraz bardziej ograniczonych możliwościach jej pozyskiwania, powoduje systematyczną wyżkę cen jej nośników. Należy sądzić, że zjawisko to będzie się nasilało. Wzrost kosztów wydobycia zasobów kopalnych oraz alokacja środków, zwłaszcza ropy naftowej i gazu ziemnego, prowadzi do napięć w całej gospodarce światowej. Poszukiwania nowych możliwości pozyskania nośników energii coraz częściej kierowane są w stronę rolnictwa (El Bassam 1995, Węgrzyn, Zajac 2008). Przy wzrastającym niedoborze drewna opałowego, uprawa roślin energetycznych, w tym trawy z rodzaju *Miscanthus*, może zaspokoić oczekiwania rynku

energii. Atrakcyjność uprawy tej trawy wiąże się z jej ogromną plennością, jako odnawialnego nośnika energii, a także przydatnością na paszę dla zwierząt hodowlanych, w początkowej fazie jej wzrostu, w stanie świeżym lub zakonserwowanym (Coleman i in. 2001, Deuter i Jeżowski 2002, Majtkowski i in. 2004). Zaletą miskanta jest możliwość przystosowania się do zmieniających się warunków klimatycznych w Europie, tj. wzrostu nasłonecznienia i niedoborów wody. Stwierdzono, że efektywność wykorzystania wody, azotu i innych pierwiastków biogennych, niezbędnych do produkcji biomasy, jest znacznie niższa dla traw typu C – 4, niż rodzimych traw typu C – 3 (Majtkowski i in. 2004). *Miscanthus* dobrze znosi czasowy deficyt wody, co jest istotne w okresach suszy, występujących na obszarze Polski. Po kilku latach uprawy roślina ta ma niewielkie wymagania pokarmowe, ponieważ gromadzi makro- i mikroelementy w rizomach (Kalembasa i in. 2004, Kalembasa, Malinowska 2009a). Zaletą niektórych gatunków miskanta jest zdolność do wzrostu na glebach nawożonych osadami ściekowymi lub nawadnianych ściekami komunalnymi (Krzywy i in. 2004, Kalembasa, Malinowska 2009b). Właściwościami takimi cechuje się *Miscanthus sacchariflorus*, a także ślazowiec pensylwański, wiklina, topinambur, konopie (Borkowska i in. 1996). Według Siuty (1996) odpady biologicznego pochodzenia powinny być traktowane nie tylko w kategoriach ekologicznej uciążliwości, ale głównie jako zasoby ekologicznej i ekonomicznej wartości. Oprócz zawartości metali ciężkich oraz innych zanieczyszczeń, istotna jest także wiedza o zawartości i możliwościach wykorzystania przez rośliny makroelementów, jakie występują w osadach ściekowych (Gondek i Filipek-Mazur 2006). Stosując osady do nawożenia roślin energetycznych można osiągnąć większy plon biomasy, a także spowodować zmianę stanu fizycznego gleb, głównie gęstości i porowatości, a w konsekwencji szeregu właściwości wodno-powietrznych (Baran i in. 1996).

Celem pracy była ocena zmian zawartości wybranych pierwiastków w biomasie trawy *Miscanthus sacchariflorus* i w glebie, w III i IV roku uprawy, pod wpływem zróżnicowanego nawożenia osadem ściekowym i nawożenia mineralnego (NPK), w doświadczeniu polowym.

MATERIAŁ I METODY

Eksperyment założono wiosną 2005 roku na glebie lekkiej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego (wg PN-R-04033), który cechował się następującymi właściwościami: $\text{pH}_{\text{KCl}} = 6,60$, zawartość węgla w związkach organicznych $30,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, zawartość ogólna wybranych pierwiastków ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby): P – 1,20; K – 0,736; Ca – 9,42; Mg – 0,973; Na – 0,953; S – 0,377; ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby): Fe – 7607; Mn – 171. Ogólną zawartość tych pierwiastków oznaczono metodą ICP-AES, po mineralizacji próbki gleby „na sucho”, w piecu muflowym, w temperaturze 450°C . Wydzielono poletka o powierzchni 2 m^2 w trzech powtórze-

niach, w układzie całkowicie losowym. Rośliną testową była trawa *Miscanthus sacchariflorus* (miskant cukrowy).

Doświadczenie połowe obejmowało następujące obiekty nawozowe:

- obiekt kontrolny (bez nawożenia);
- nawożenie mineralne NPK (azot mineralny wprowadzono w postaci mocznika według ilości azotu zawartego w dawce $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ s.m. osadu);
- nawożenie osadem ściekowym w dawce $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ s.m.;
- nawożenie osadem ściekowym w dawce $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ s.m.;
- nawożenie osadem ściekowym w dawce $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ s.m..

Gleby obiektów doświadczalnych nawieziono nawozem fosforowym (superfosfat potrójny) i potasowym (siarczan potasu), zachowując stosunek N:P:K równy 1:0,8:1,2. Nawozy fosforowe i potasowe zastosowano jednorazowo w I roku badań, azotowe podzielono na 3 dawki i zastosowano przed rozpoczęciem wegetacji miskanta, w I, II oraz III roku eksperymentu. Osad ściekowy pochodził z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych w Siedlcach. Skład chemiczny osadu ściekowego wskazywał na przydatność w nawożeniu roślin (Rozporządzenie Min. Środ. 2002). Zawartość wybranych pierwiastków w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. osadu ściekowego wynosiła: Mn – 328; Fe – 12239; oraz w $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$: N – 50,2; P – 26,1; K – 3,50; Ca – 41,2; Mg – 11,1; Na – 0,697; S – 3,90. Przed wysadzeniem rizomów, osad wymieszano z glebą do głębokości 25 cm.

Zbiór biomasy przeprowadzono w grudniu 2007 i 2008 roku, po III i IV roku uprawy. Materiał roślinny zmielono do średnicy cząstek 0,25 mm i odważono 1 g do tygielka porcelitowego, po czym utleniono substancję organiczną „na sucho”, w temperaturze 450°C w piecu muflowym, w ciągu 15 godzin. Następnie do tygla dodano 10 ml rozcieńczonego HCl (1:1) i odparowano na łaźni piaskowej w celu rozłożenia węglanów i wydzielenia krzemionki. Zawartość tygla, po dodaniu 5 ml 10% HCl, przeniesiono przez twardy sącdek do kolby miarowej o pojemności 100 ml i uzupełniono do kreski wodą destylowaną. W tak przygotowanym roztworze podstawowym oznaczono zawartość ogólną: P, K, Ca, Mg, Na, S, Fe, Mn; metodą ICP – AES, za pomocą spektrometru Optima 3200 RL, firmy Perkin Elmer. Metodą tą oznaczono także zawartość wybranych pierwiastków w glebie po zbiorze trawy w III i IV roku doświadczenia.

Wyniki opracowano statystycznie; różnice między średnimi dla nawożenia oraz lat uprawy oceniono testem Fishera – Snedecora, a w przypadku ich istotności, wartość $\text{NIR}_{0,05}$ obliczono wg testu Tukey'a.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

W biomacie trawy *Miscanthus sacchariflorus*, w III i IV roku uprawy (tab. 1), stwierdzono istotny wpływ nawożenia na zawartość wszystkich badanych pierwiastków, a także istotny wpływ lat uprawy, z wyjątkiem wapnia i sodu. W bio-

masie zebranej w III roku doświadczenia, zanotowano średnio większe stężenie K, Ca, Na i S, prawie 2-krotnie większe Mg, 3-krotnie Mn oraz ponad 6-krotnie większe Fe, niż w biomase zebranej w IV roku. Tylko średnia zawartość, fosforu w analizowanej trawie w IV roku, była większa niż w III roku eksperymentu.

Tabela 1. Zawartość wybranych pierwiastków w biomase trawy *Miscanthus sacchariflorus*, w III i IV roku doświadczenia polowego

Table 1. The content of selected elements in the biomass of *Miscanthus sacchariflorus* in the third and fourth year of field experiment

Nawożenie Fertilization	P	K	Ca	Mg	Na	S	Fe	Mn
	g·kg ⁻¹					mg·kg ⁻¹		
III rok doświadczenia – Third year of experiment								
Obiekt kontrolny Control object	0,716	1,41	4,91	0,588	0,166	0,478	476,9	12,9
NPK	0,791	2,87	5,21	0,810	0,176	0,652	407,8	16,5
10 t s.m.·ha ⁻¹	0,694	2,20	3,96	0,658	0,233	0,603	386,9	17,6
20 t s.m.·ha ⁻¹	0,639	1,26	4,40	0,602	0,143	0,418	399,3	11,6
30 t s.m.·ha ⁻¹	0,693	1,79	5,11	0,868	0,168	0,598	371,4	13,6
Średnia – Mean	0,707	1,91	4,72	0,705	0,167	0,550	406,7	14,4
IV rok doświadczenia – Fourth year of experiment								
Obiekt kontrolny Control object	1,08	2,35	5,12	0,364	0,229	0,466	76,02	6,21
NPK	1,01	1,73	5,24	0,545	0,172	0,425	63,25	6,15
10 t s.m.·ha ⁻¹	1,10	1,53	5,71	0,597	0,151	0,469	58,18	4,43
20 t s.m.·ha ⁻¹	0,969	1,84	3,24	0,542	0,123	0,429	46,45	4,89
30 t s.m.·ha ⁻¹	0,619	0,684	3,94	0,353	0,127	0,319	36,01	3,60
Średnia – Mean	0,956	1,62	4,65	0,480	0,160	0,422	55,98	5,06
NIR _{0,05} dla:								
LSD _{0,05} for:								
A – nawożenie fertilization	0,220	0,312	0,693	0,115	0,068	0,054	59,57	1,15
B – lata oświadczenia years of cultivation	0,097	0,138	n.i./n.s.	0,051	n.i./n.s.	0,024	26,26	0,505
A/B – interakcja interaction	0,311	0,441	0,980	0,163	n.i./n.s.	0,077	n.i./n.s.	1,62
B/A – interakcja interaction	0,217	0,308	0,683	0,113	n.i./n.s.	0,053	n.i./n.s.	1,13

n.i. – różnica nie istotna; n.s. – non-significant difference.

Tabela 2. Zawartość wybranych pierwiastków w glebie po uprawie trawy *Miscanthus sacchariflorus*, w III i IV roku doświadczenia polowego**Table 2.** The content of selected elements in soil after cultivation of *Miscanthus sacchariflorus* in the third and fourth year of field experiment

Nawożenie Fertilization	P	K	Ca	Mg	Na	S	Fe	Mn
	g·kg ⁻¹					mg·kg ⁻¹		
III rok doświadczenia – Third year of experiment								
Obiekt kontrolny Control object	1,10	0,591	6,33	0,705	0,082	0,331	4852	142,1
NPK	1,00	0,647	6,45	0,694	0,076	0,336	4256	135,5
10 t s.m.·ha ⁻¹	1,11	0,625	6,26	0,754	0,077	0,349	4116	131,0
20 t s.m.·ha ⁻¹	1,29	0,598	6,80	0,764	0,064	0,375	3989	140,8
30 t s.m.·ha ⁻¹	0,989	0,598	6,16	0,685	0,055	0,316	4205	139,2
Średnia – Mean	1,10	0,612	6,40	0,720	0,071	0,341	4284	137,7
IV rok doświadczenia – Fourth year of experiment								
Obiekt kontrolny Control object	1,33	0,608	8,16	0,833	0,051	0,374	4962	147,4
NPK	0,924	0,528	6,18	0,647	0,043	0,314	3996	116,9
10 t s.m.·ha ⁻¹	1,08	0,532	6,15	0,712	0,046	0,316	4083	122,2
20 t s.m.·ha ⁻¹	0,889	0,466	5,87	0,640	0,029	0,288	3849	113,4
30 t s.m.·ha ⁻¹	0,835	0,477	6,04	0,647	0,028	0,301	3804	113,2
Średnia – Mean	1,01	0,521	6,48	0,696	0,039	0,319	4139	122,6
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for:								
A – nawożenie; fertilization	0,137	0,071	0,633	0,054	0,014	0,018	341,9	10,33
B – lata uprawy; years of cultivation	0,060	0,031	n.i./n.s.	0,024	0,006	0,008	n.i./n.s.	4,56
A/B – interakcja; interaction	0,194	0,101	0,895	0,077	n.i./n.s.	0,025	n.i./n.s.	14,61
B/A – interakcja; interaction	0,135	0,070	0,624	0,054	n.i./n.s.	0,017	n.i./n.s.	10,19

n.i. – różnica nie istotna; n.s. – non-significant difference.

Stwierdzono mniejszą zawartość fosforu i żelaza w trawie *Miscanthus sacchariflorus*, pod wpływem następczego działania zastosowanych dawek osadu ściekowego, w obu latach badań, w porównaniu z trawą nawożoną mineralnie i bez nawożenia. Dla pozostałych pierwiastków nie stwierdzono jednoznacznego wpływu nawożenia osadem. W III roku doświadczenia zanotowano mniejszą bioakumulację Fe, a w IV roku K, Na, Fe i Mn w biomacie trawy nawożonej mi-

neralnie (NPK) i osadem ściekowym, w porównaniu z trawą nie nawożona, co było związane ze zróżnicowanym plonowaniem miskanta (Kalembasa i in. 2008). Martyn i in. (2007) podają, nieco mniejszą zawartość Ca, Mg, K i Na w biomacie miskanta cukrowego nawożonego ściekami komunalnymi.

Zawartość badanych pierwiastków w biomacie trawy *Miscanthus sacchariflorus* była w większości odzwierciedleniem ich zawartości w glebie (tab. 2). Po zbiorze miskanta w III roku doświadczenia, w glebie obiektów nawozowych więcej było K, Ca, Mg i S, w porównaniu z glebą bez nawożenia. Mniejszą zawartość P, Ca, Mg, Na i S stwierdzono w glebie nawożonej największą dawką osadu ściekowego (30 t s.m.·ha⁻¹), niż nawożonej mniejszymi dawkami.

W glebie analizowanej w IV roku eksperymentu stwierdzono znacznie mniejszą zawartość wszystkich badanych składników na obiektach nawozowych, niż na obiekcie kontrolnym. Mniejszą zawartością większości pierwiastków cechowała się gleba nawożona większymi dawkami osadu ściekowego (20 i 30 t s.m.·ha⁻¹), niż nawożona najmniejszą dawką (10 t s.m.·ha⁻¹) i NPK. W glebie po IV roku doświadczenia zanotowano zmniejszenie się zawartości wszystkich badanych pierwiastków, za wyjątkiem wapnia, w porównaniu z glebą w III roku badań (tab. 2).

W glebie badanej z poszczególnych obiektów nawozowych, po III i IV roku uprawy miskanta cukrowego, stwierdzono zróżnicowaną zawartość wybranych pierwiastków, w porównaniu z materiałem glebowym przed założeniem eksperymentu. Zmniejszenie się zawartości większości pierwiastków wskazuje na intensywne pobieranie składników pokarmowych przez roślinę testową. Cechą odróżniającą trawę *Miscanthus sacchariflorus* od innych traw jest utrata liści w okresie zbioru, a tym samym powrót pewnej ilości składników do gleby (Roszewski 1996, Kalembasa i in. 2004).

WNIOSKI

1. Działanie następcze dawek osadu ściekowego i nawożenia mineralnego NPK, w III i IV roku doświadczenia, zróżnicowało kumulację badanych pierwiastków w trawie *Miscanthus sacchariflorus*. W III roku najwięcej P, K, Ca i S zawierała biomasa tej trawy na obiekcie nawożonym NPK. W IV roku mniejszą zawartość K, Na, Fe, Mn stwierdzono w trawie nawożonej, niż bez nawożenia.

2. W biomacie miskanta cukrowego, w III roku uprawy, zanotowano średnio większą bioakumulację wszystkich pierwiastków, z wyjątkiem fosforu, w porównaniu z IV rokiem.

3. W IV roku badań stwierdzono mniejszą zawartość analizowanych pierwiastków w glebie obiektów nawozowych, niż obiektu kontrolnego, średnio mniejszą niż w III roku doświadczenia, z wyjątkiem wapnia.

PIŚMIENNICTWO

- Baran S., Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A., Kwiecień J., Pranagal J., 1996. Wpływ osadu ściekowego na wodno-powietrzne właściwości gleby piaszczystej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 437, 553-559.
- Borkowska H., Jackowska I., Piotrowska J., Styk B., 1996. Wstępna ocena przydatności kilku gatunków roślin wieloletnich do rekultywacji osadów pościekowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 434, 927-930.
- Coleman S W., Philips W. A., Volesky J. D., Buchanan D., 2001. Comparison of native tall grass prairie and plants bluestem forage systems for cow-calf production in the Southern Great Plains. J. of Animal Sci., 79, 1697-1705.
- Deuter M. Jeżowski S. 2002. Breeding conditions of the giant grasses *Miscanthus* genus-state art. Post. Nauk Roln., 2, 59-67.
- El Bassam N. 1995. Possibilities and limitation of energy supply from biomass. Natural Resources Development, 41, 8-21.
- Gondek K., Filipek-Mazur B., 2006. Zawartość wapnia magnezu i sodu w roślinach nawożonych osadami ściekowymi. Acta Agrophysica, 139, 8(1), 83-93.
- Kalembasa D., Malinowska E., 2008. Wpływ nawożenia osadem ściekowym i mocznikiem na zawartość wybranych pierwiastków w trawie *Miscanthus sacchariflorus*. Acta Agrophysica, 158, 11(3), 657-666.
- Kalembasa D., Malinowska E., 2009 a. Influence of mineral fertilization on total contents of Co, Li, and Ti in biomass of five *Miscanthus* genotypes. Ecological Chemistry and Engineering, 1-2, 27-33.
- Kalembasa D., Malinowska E., 2009 b. The yield and the content of trace elements in the *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack. and soil, in the third year of cultivation in pot experiment. J. Elementol., 14(4), 685-692.
- Kalembasa D., Malinowska E., Jaremko D., Jeżowski S., 2004. Wpływ nawożenia NPK na strukturę plonu traw *Miscanthus* ssp.. Biuletyn IHAR, 234, 205-211.
- Kalembasa D., Malinowska E., Kalembasa S., 2008. Silver grass (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack. biomass yield, sulfur content, and energetic value resulting from varied fertilization with sewage sludge. *Miscanthus – Netzwerke und Visionen. Internationale Miscanthus – Tagung vom 27-28. November in der Schweiz*, 60-66.
- Krzywy E., Iżewska A., Wołoszyk Cz. ,2004. Pobranie i wykorzystanie mikroelementów w okresie dwóch lat przez trzcinę chińską (*Miscanthus sacchariflorus*) z osadu ściekowego oraz z kompostów wyprodukowanych z osadu ściekowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 502, 877-885.
- Majtkowski W., Majtkowska G., Piłat J., Mikołajczak J., 2004. Przydatność do zakiszania zielonki traw C-4 w różnych fazach wegetacji. Biuletyn IHAR, 234, 219-225.
- Martyn W., Wyłupek T., Czerwiński A., 2007. Zawartość wybranych makroskładników w glebie i roślinach energetycznych nawożonych osadami ściekowymi. Łąkarstwo w Polsce, 10, 149-158.
- Roszewski R., 1996. Miskant olbrzymi – *Miscanthus sinensis giganteus*. W: Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródło energii. Wyd. SGGW, Warszawa, 123-135.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych dn. 1 sierpnia 2002. Dz. U. Nr. 134, poz. 1140.
- Węgrzyn A., Zajac G., 2008. Wybrane aspekty badań efektywności energetycznej technologii produkcji biomasy roślinnej. Acta Agrophysica, 158, 11(3), 799-806.

THE CONTENT OF SELECTED ELEMENTS IN BIOMASS
OF *MISCANTHUS SACCHARIFLORUS* AND IN SOIL
AT DIVERSE DOSES OF NITROGEN

Dorota Kalembasa, Elżbieta Malinowska

Department of Soil Science and Plant Nutrition, University of Podlasie
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce
email: kalembasa@ap.siedlce.pl

Abstract. In the field experiment the influence of fertilization with fresh waste activated sludge applied at varied rates as well as mineral fertilizers (NPK) on the content of selected elements (P, K, Ca, Mg, Na, S, Fe, Mn) in the biomass of *Miscanthus sacchariflorus* and in soil taken in the third and fourth experimental year was studied. The content of selected elements in the biomass of *Miscanthus sacchariflorus* plant and soil were determined with the ICP-AES (plasma-atomic emission spectrometry) method after mineralisation of samples by the „dry combustion” method in a muffle furnace. The content of determined elements in the biomass of *Miscanthus* harvested in the third year was higher than in the fourth year of cultivation, with the exception of phosphorus. The influence of the doses of waste activated sludge and mineral fertilizers on the content of selected elements was negligible. The application of fertilizers caused that the content of determined elements in the biomass of *Miscanthus* harvested in the fourth year of cultivation from those objects was lower than in biomass harvested from the control object. The content of determined elements (P, K, Ca, Mg, Na, S, Fe, Mn) in the soil taken from differential objects after the third and fourth year of cultivation of *Miscanthus* decreased in comparison to the content of those elements determined in the soil before starting the experiment.

Keywords: *Miscanthus sacchariflorus*, selected elements, fertilization, waste activate sludge