

Elżbieta MALINOWSKA¹ i Dorota KALEMBASA¹

POBRANIE PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH PRZEZ MISKANTA CUKROWEGO NAWOŻONEGO OSADAMI ŚCIEKOWYMI

UPTAKE OF TRACE ELEMENTS BY *Miscanthus sacchariflorus* FERTILIZED WITH SEWAGE SLUDGE

Abstrakt: W doświadczeniu polowym badano wpływ nawożenia osadami ściekowymi i nawozami mineralnymi (dla porównania) na zawartość wybranych pierwiastków: Fe, Mn, Mo, Li, Ti, Ba i Sr w biomacie trawy *Miscanthus sacchariflorus* w I i II roku uprawy. Doświadczenie założono w układzie całkowicie losowym, w trzech powtórzeniach. Zawartość ogólną wymienionych pierwiastków w suchej masie trawy oznaczono metodą ICP-AES po mineralizacji „na sucho”. W I roku doświadczenia zastosowany osad ściekowy w dawkach 20 i 30 Mg ha⁻¹ spowodował znacznie większą bioakumulację wszystkich badanych pierwiastków w porównaniu z obiektem kontrolnym. W II roku uprawy zanotowano więcej molibdenu, a mniej żelaza i tytanu niż w I roku; zawartość pozostałych pierwiastków była na zbliżonym poziomie w obydwu latach badań.

Słowa kluczowe: *Miscanthus sacchariflorus*, pierwiastki śladowe, osad ściekowy

Do wieloletnich roślin uprawianych na cele energetyczne zalicza się niektóre z kilkudziesięciu gatunków traw z rodzaju *Miscanthus*. Rośliny te bardzo różnie reagują na nawożenie, zwłaszcza organiczne. Z badań własnych oraz innych autorów [1-4] przeprowadzonych na wielu gatunkach miskanta wynika, że nawożenie osadami ściekowymi korzystnie wpływa na plonowanie trawy *Miscanthus sacchariflorus*. Do wytworzenia biomasy roślina ta potrzebuje dużych ilości składników pokarmowych, które można dostarczyć w formie świeżego osadu ściekowego. Nawożenie tym odpadowym materiałem organicznym to jedna ze skuteczniejszych metod utylizacji osadów ściekowych, zapewniająca bezpieczeństwo dla środowiska oraz przywrócenie składników pokarmowych do dalszego obiegu. Uprawa miskanta cukrowego na szeroką skalę w Polsce umożliwiłaby zmniejszenie ilości składowanych osadów, część autorów przestrzega przed jego bardzo silną ekspansją, szczególnie w uprawie polowej [5-7].

Celem pracy było określenie wpływu różnych dawek osadu ściekowego oraz nawożenia mineralnego (NPK) na zawartość wybranych pierwiastków w biomacie trawy *Miscanthus sacchariflorus* w I i II roku uprawy polowej.

Materiał i metody

Doświadczenie założono wiosną 2005 roku na glebie lekkiej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego (wg PN-R-04033), który cechował się następującymi właściwościami: pH_{KCl} = 6,60, zawartość węgla w związkach organicznych 30,5 g kg⁻¹, zawartość ogólna wybranych pierwiastków śladowych (mg kg⁻¹ gleby): Fe - 5186; Mn - 146; Mo - 0,231; Li - 1,70; Ti - 49,42; Ba - 82,18; Sr - 29,06, których zawartość oznaczono metodą ICP-AES, po mineralizacji próbki gleby „na sucho” w piecu muflowym,

¹ Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce, tel. 25 643 13 30, email: malinowskae@uph.edu.pl

w temperaturze 450°C. Wydzielono obiekty doświadczalne o powierzchni 2 m². Doświadczenie założono w układzie całkowicie losowym w trzech powtórzeniach. Rośliną testową była trawa *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack. (miskant cukrowy).

Doświadczenie obejmowało następujące obiekty nawozowe:

- obiekt kontrolny (bez nawożenia);
- nawożenie mineralne NPK (azot mineralny wprowadzono w postaci mocznika według ilości azotu zawartego w dawce 20 Mg ha⁻¹ s.m. osadu);
- nawożenie osadem ściekowym w dawce 10 Mg ha⁻¹ s.m.;
- nawożenie osadem ściekowym w dawce 20 Mg ha⁻¹ s.m.;
- nawożenie osadem ściekowym w dawce 30 Mg ha⁻¹ s.m., nawożenie osadem uzupełniono dodatkiem potasu.

Skład chemiczny osadu ściekowego zastosowanego do nawożenia wskazywał na przydatność w nawożeniu roślin [8]. Zawartość wybranych pierwiastków w osadzie ściekowym wynosiła [g kg⁻¹]: N - 50,2; P - 26,1; K - 3,50; zawartość wybranych pierwiastków śladowych [mg kg⁻¹]: Fe - 8991; Mn - 607; Mo - 3,64; Li - 6,31; Ti - 32,7; Ba - 91,0; Sr - 83,1, których zawartość oznaczono metodą ICP-AES.

Świeży osad ściekowy wydzielony ze ścieków komunalnych z oczyszczalni ścieków w Siedlcach, po fermentacji metanowej, wymieszano z glebą do głębokości 25 cm przed wysadzeniem rizomów trawy testowej. Zbiór biomasy miskanta przeprowadzono w grudniu 2005 i 2006 roku po I i II 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 dodawano 10 cm³ rozcieńczonego HCl (1:1) i odparowano na łaźni piaskowej w celu rozłożenia węglanów i wydzielenia krzemionki. Zawartość tygla, po dodaniu 5 cm³ 10% HCl, przeniesiono przez twardy sącdek do kolby miarowej o pojemności 100 cm³ i uzupełniono do kreski wodą destylowaną. W tak przygotowanym roztworze podstawowym oznaczono zawartość ogólną Fe, Mn, Mo, Li, Ti, Ba i Sr metodą ICP-AES.

Wyniki opracowano statystycznie; różnice między średnimi oceniono testem Fishera-Snedecora, a w przypadku ich istotności wartość NIR_{0,05} obliczono wg testu Tukeya.

Omówienie wyników i dyskusja

Układ warunków pogodowych w okresie wegetacji roślin, szczególnie szlaku C₄, jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na tempo ich rozwoju i wielkość plonu [9]. Średnie temperatury i sumy opadów w latach 2005 i 2006, w środkowo-wschodniej Polsce (dane dla miasta Siedlce), dowodzą, że średnie miesięczne temperatury kwietnia, maja, czerwca, lipca i sierpnia były wyższe od średnich z wielolecia (tab. 1), co korzystnie wpłynęło na wzrost miskanta. Niska suma opadów w kwietniu (o 31,2 mm niższa od średniej wieloletniej) spowodowała, że rośliny rozpoczynały wzrost w większości na przełomie III dekady kwietnia i I dekady maja. Nierównomierny rozkład opadów od lipca do października, w 2005 i 2006 roku, znacznie odbiegający od średniej z wielolecia, powodował zmiany w plonowaniu uprawianej rośliny.

Tabela 1
Temperatura [°C] i opady [mm] w okresie wegetacji *Miscanthus sacchariflorus* (dane dla Siedlce)Table 1
Temperature [°C] and rainfall [mm] during vegetation period of *Miscanthus sacchariflorus* (data for Siedlce)

Rok	Miesiąc							Suma Średnia
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
temperatura [°C]								
2005	8,60	13,0	15,9	20,2	17,5	15,0	8,51	16,5
2006	8,40	13,6	17,2	22,3	18,0	15,4	9,20	14,9
średnia	8,50	13,3	16,6	21,3	17,8	15,2	8,90	15,7
średnie wieloletnie	7,70	10,0	16,1	19,3	18,0	13,0	7,50	
opady [mm]								
2005	12,3	64,7	44,1	86,5	45,4	15,8	0,0	269,0
2006	29,8	39,6	24,0	16,2	227,6	22,0	7,20	366,4
średnia	21,1	52,2	34,1	51,4	136,5	18,9	3,60	317,8
średnie wieloletnie	52,3	50,0	68,2	45,7	66,8	60,7	68,3	

W I roku uprawy nawożenie osadem ściekowym oraz nawożenie mineralne NPK istotnie różnicowało zawartość żelaza, manganu, molibdenu, tytanu, baru i strontu (z wyjątkiem litu) w biomase trawy (tab. 2).

Tabela 2
Zawartość ogólna wybranych pierwiastków śladowych [$\text{mg kg}^{-1}\text{s.m.}$]
w biomase trawy *Miscanthus sacchariflorus* w I roku uprawy w doświadczeniu polowymTable 2
Total contents of selected elements [$\text{mg kg}^{-1}\text{d.m.}$] in the biomass of *Miscanthus sacchariflorus*
in the first year of the field experiment

Obiekt nawozowy	Fe	Mn	Mo	Li	Ti	Ba	Sr
kontrola	294,5	15,2	0,901	1,50	3,40	7,56	22,1
NPK	265,2	16,4	0,854	1,49	3,10	8,15	25,1
10 Mg ha ⁻¹	301,0	17,2	0,958	2,06	4,06	9,02	24,6
20 Mg ha ⁻¹	319,0	20,1	0,869	2,15	3,85	8,69	23,6
30 Mg ha ⁻¹	350,2	21,8	1,25	2,20	3,79	8,90	24,5
średnia	306,0	18,14	0,966	1,88	3,64	8,46	24,0
NIR _{0,05}	3,66	2,39	0,027	n.i.	0,259	0,057	0,718

Osad zastosowany zwłaszcza w większych dawkach (20 i 30 Mg ha⁻¹) spowodował dużo większą bioakumulację wszystkich badanych pierwiastków w porównaniu z obiektem kontrolnym (bez nawożenia). W II roku doświadczenia stwierdzono, średnio, znacznie więcej Mo, a mniej Fe i Ti niż w I roku doświadczenia; zawartość pozostałych pierwiastków była na zbliżonym poziomie w obydwu latach badań (tab. 3).

Zastosowane nawożenie wpłynęło istotnie tylko na zawartość żelaza i manganu w biomase *Miscanthus sacchariflorus*. Pod wpływem następczego działania osadu ściekowego stwierdzono zwiększenie zawartości żelaza, manganu i baru w analizowanej trawie w porównaniu z obiektem bez nawożenia. W II roku uprawy zanotowano większą bioakumulację molibdenu, litu i strontu na obiekcie kontrolnym niż na obiektach nawożonych. Krzywy i in. [10] stwierdzili porównywalną zawartość manganu oraz

znacznie mniejszą zawartość żelaza w biomacie miskanta cukrowego nawożonego osadem ściekowym. Stężenie baru było niewielkie ($7,56 \div 10,02 \text{ mg kg}^{-1}$) i mieściło się w dolnej zawartości w roślinach ($10 \div 150 \text{ mg kg}^{-1}$) [11].

Tabela 3

Zawartość ogólna wybranych pierwiastków śladowych [mg kg^{-1} s.m.]
w biomacie trawy *Miscanthus sacchariflorus* w II roku uprawy w doświadczeniu polowym

Table 3

Total contents of selected elements [mg kg^{-1} d.m.] in the biomass of *Miscanthus sacchariflorus*
in the second year of the field experiment

Obiekt nawozowy	Fe	Mn	Mo	Li	Ti	Ba	Sr
kontrola	291,6	13,36	2,12	3,03	2,01	8,06	22,10
NPK	238,1	17,52	1,53	1,58	1,60	7,59	19,64
10 Mg ha ⁻¹	230,6	13,09	1,50	3,11	1,64	7,89	19,84
20 Mg ha ⁻¹	241,7	18,29	1,56	2,31	2,01	9,21	20,42
30 Mg ha ⁻¹	293,6	27,76	1,50	2,33	1,95	10,02	19,80
średnia	259,1	18,01	1,64	2,47	1,84	8,55	20,36
NIR _{0,05}	60,96	4,65	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.

Wnioski

1. Osad ściekowy zastosowany w nawożeniu trawy *Miscanthus sacchariflorus* w I roku uprawy spowodował istotne zwiększenie zawartości w jej biomacie wszystkich badanych pierwiastków (Fe, Mn, Mo, Li, Ti, Ba) z wyjątkiem Sr. W II roku doświadczenia pod wpływem następczego działania osadu ściekowego stwierdzono istotne zróżnicowanie zawartości Fe i Mn w porównaniu z obiektem kontrolnym.
2. W II roku uprawy w biomacie testowanej trawy stwierdzono znacznie więcej Mo, a mniej Fe i Ti niż w I roku doświadczenia; zawartość pozostałych pierwiastków była zbliżona w obydwu latach badań.

Literatura

- [1] Sacala E. *Miscanthus* - unusual grass: biochemical and physiological characteristic: a review. *Ecol Chem Eng A*, 2011;18(12):1615-1624.
- [2] Ezaki B, Nagao E, Yamamoto Y, Nakashima S, Enomoto T. Wild plants, *Andropogon virginicus* L. and *Miscanthus sinensis* Anders, are tolerant to multiple stresses including aluminum, heavy metals and oxidative stresses. *Plant Cell Rep.* 2008;27:951-961.
- [3] Kalembsa D, Malinowska E. Zmiany zawartości metali ciężkich w *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack. pod wpływem nawożenia osadem ściekowym. *Łąkarstwo w Polsce*. 2007;10:99-110.
- [4] Kalembsa D, Malinowska E. Wpływ dawek osadu ściekowego na plon i skład chemiczny trawy *Miscanthus sacchariflorus*. *Fragm Agron.* 2007;1(93):113-117.
- [5] Pude R. Anbau und Erträge von *Miscanthus* in Europa. Materiały polsko-niemieckiej konferencji na temat wykorzystania „*Miscanthus*”, Połczyn Zdrój, Wyd. Szczecin - Expo. 2000:91-96.
- [6] Frey L. *Polska księga traw*. Wyd. Inst. Botaniki im. W. Szafera. Kraków: PAN; 2002.
- [7] Kochanowska R, Gamrat R. Uprawa miskanta cukrowego *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack zagrożenie dla polskich pól i lasów? (doniesienie naukowe). *Łąkarstwo w Polsce*. 2007;10:223-228.
- [8] Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych z dnia 1 sierpnia 2002 roku. *DzU*, Nr134, poz. 1140.
- [9] Swan JB, Staricka JA, Shaffer MJ, Paulsen WH, Peterson AE. Corn yield response to water stress, heat units, and management. Model development and calibration. *Soil Sci Amer J.* 1990;54:209-216.

- [10] Krzywy E, Iżewska A, Wołoszyk C. Pobranie i wykorzystanie mikroelementów w okresie dwóch lat przez trzcinę chińską (*Miscanthus sacchariflorus*) z osadu ściekowego oraz kompostów wyprodukowanych z osadu ściekowego. Zesz Probl Post Nauk Roln. 2004;502:877-885.
- [11] Kabata-Pendias A, Pendias H. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 1999.

UPTAKE OF TRACE ELEMENTS BY *Miscanthus sacchariflorus* FERTILIZED WITH SEWAGE SLUDGE

Department of Soil Science and Agricultural Chemistry, Siedlce University of Natural Sciences and Humanities

Abstract: In a field experiment investigated the effect of fertilization with sewage sludge and mineral fertilizers (for comparison) on the content of selected elements: Fe, Mn, Mo, Li, Ti, Ba and Sr in the biomass of the grass *Miscanthus sacchariflorus* first and second year of cultivation. The experiment was a completely randomized, in triplicate. Total content of these elements in dry matter of grass was determined by ICP-AES after "dry" mineralization. In the first year of the experiment used sludge doses (20 and 30 Mg ha⁻¹) resulted in significantly higher bioaccumulation of all analyzed elements, compared with the control, in the first year of the experiment. In the second year of cultivation there was more of molybdenum, and less iron and titanium than in the first year, the contents of other elements were at a similar level in both years of study.

Keywords: *Miscanthus sacchariflorus*, trace elements, waste activated sludge