

WPLYW NAWOŻENIA OSADEM ŚCIEKOWYM I MOCZNIKIEM
NA ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH PIERWIASTKÓW
W TRAWIE *MISCANTHUS SACCHARIFLORUS*

Dorota Kalembasa, Elżbieta Malinowska

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

Streszczenie. W doświadczeniu wazonowym badano wpływ nawożenia osadem ściekowym i nawożenia mineralnego NPK na zawartość i pobranie Mn, Mo, B, Li, Ba, Sr i Ti przez liście i łodygi trawy *Miscanthus sacchariflorus*, w I roku uprawy. Na bazie plonu i zawartości obliczono pobranie. Liście zawierały istotnie większą zawartość wszystkich analizowanych pierwiastków, z wyjątkiem baru, w porównaniu z łodygami. Największe pobranie Mn, Li, Ba, Sr i Ti stwierdzono w liściach na obiekcie nawożonym osadem ściekowym w dawce 20% świeżej masy w stosunku do masy gleby. W łodygach pobranie większości pierwiastków zwiększało się wraz z dawką osadu.

Słowa kluczowe: *Miscanthus sacchariflorus*, osad ściekowy, mikroelementy

WSTĘP

W Polsce, w ostatnim dziesięcioleciu, można odnotować znaczną aktywność badawczo-wdrożeniową, dotyczącą wykorzystania biomasy roślin. Duże zainteresowanie tymi roślinami wynika z poszukiwania alternatywnych źródeł energii (ekobiosurowców), do których można zaliczyć, np. wierzbę, ślázowca pensylwańskiego, topolę, trzcinę chińską oraz wszystkie te rośliny, które gromadzą odpowiednie ilości oleju lub węglowodanów, jako produktów wyjściowych do wytwarzania nośników energii (Jeżowski 2001). Znaczny udział rolnictwa w strukturze gospodarczej w naszym kraju, stwarza możliwości do zakładania plantacji energetycznych. Według prognoz IMBER do 2020 roku udział odnawialnych źródeł energii (OZE) w bilansie energetycznym polskiej wsi i rolnictwa wzrośnie do 21,3% (Wójcicki 2003, Szeptycki i Wójcicki 2003), tj. do poziomu zapewniającego ponad 14% OZE w bilansie energetycznym kraju.

Miscanthus spp. należy do roślin oznaczonych mianem OZE. Na szczególne zainteresowanie zasługuje gatunek blisko spokrewniony z plemieniem *Andropogoneae*, tj. miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus*). Zaletą miskanta cukrowego jest możliwość uprawy na terenach silnie zanieczyszczonych metalami ciężkimi, które są wyłączone z uprawy roślin jadalnych i skarmianych przez zwierzęta (Krzywy i in. 2004a).

Celem podjętych badań było określenie wpływu nawożenia organicznego w postaci osadu ściekowego i nawożenia mineralnego NPK na zawartość wybranych pierwiastków w trawie *Miscanthus sacchariflorus*.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenie wazonowe założono wiosną 2005 roku w szklarni. Wazonny o pojemności 20 l wypełniono utworem glebowym o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego (wg PTG), w którym wybrane właściwości przyjmowały następujące wartości: $\text{pH}_{\text{KCl}} = 6,60$, a zawartość ogólna wybranych pierwiastków (mg kg^{-1} gleby): Mn-146; Mo-0,231; B-6,73; Li-1,70; Ba-82,18; Sr-29,06; Ti-49,42. Eksperyment prowadzono w trzech powtórzeniach. Rośliną testową była trawa *Miscanthus sacchariflorus* (miskant cukrowy).

Utworzono następujące obiekty nawozowe:

- obiekt kontrolny (bez nawożenia);
- nawożenie mineralne: N, P, K kg ha^{-1} (N mineralny zastosowany w moczniku, obliczono wg dawki 20% świeżej masy osadu ściekowego w stosunku do masy gleby);
- nawożenie organiczne:
 - 10% świeżej masy osadu ściekowego w stosunku do masy gleby, tj. 2 kg świeżej masy osadu na wazon, co odpowiadało 20 g N·wazon⁻¹;
 - 20% świeżej masy osadu ściekowego w stosunku do masy gleby, tj. 4 kg świeżej masy na wazon, co odpowiadało 40 g N·wazon⁻¹;
 - 30% świeżej masy osadu ściekowego w stosunku do masy gleby, tj. 6 kg świeżej masy na wazon, co odpowiadało 60 g N·wazon⁻¹.

We wszystkich obiektach doświadczenia zastosowano nawozy fosforowe (superfosfat potrójny) i potasowe (siarczan potasu), zachowując stosunek N : P : K równy 1 : 0,8 : 1,2. W osadzie ściekowym uzupełniono niedobór potasu i fosforu do tego stosunku. Świeży osad ściekowy pochodził z oczyszczalni ścieków w Siedlcach (80% ścieki komunalne, 20% ścieki przemysłowe) i w końcowym procesie obróbki poddany był metanowej fermentacji oraz częściowo odwodniony na prasie. W osadzie oznaczono: suchą masę, metodą suszarkowo – wagową w temperaturze 105°C; pH – metodą potencjometryczną. Zawartość analizowanych pierwiastków w badanym osadzie wynosiła (mg kg^{-1} s.m.): Mn-328; Mo-3,19; B-9,90; Li-7,79; Ba-33,8; Sr-91,4; za-

wartość metali ciężkich była zgodna z Rozp. Min. Środ. (2002). Świeży osad ściekowy zastosowano jednorazowo (przed wysadzeniem miskanta), mieszając go z glebą w wazonie.

Zawartość ogólną wybranych pierwiastków z grupy mikroelementów (Mn, Mo, B, Li, Ba, Sr, Ti) badano w łodygach i liściach miskanta cukrowego, który zebrano w grudniu 2005 roku (po 250 dniach wegetacji), po I roku uprawy. Materiał roślinny zmielono do średnicy cząstek 0,25 mm i odważono 1g do tygielka porcelitowego, po czym utleniono substancję organiczną „na sucho” w temperaturze 450°C przez około 15 godz. Zawartość badanych pierwiastków oznaczono na spektrometrze emisyjnym z indukcyjnie wzbudzoną plazmą ICP – AES, Optima 3200 RL, firmy Perkin Elmer.

Pobranie omawianych pierwiastków obliczono mnożąc uzyskany plon przez zawartość danego składnika. Plon roślin podano w pracy Malinowskiej i in (2006).

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie; różnice między średnimi dla części roślin, obiektów nawozowych oraz współdziałania między badanymi czynnikami oceniono stosując analizę wariancji, używając do obliczeń program FR Analvar 4.1, a w przypadku istotności różnic wartość $NIR_{0,05}$ obliczono wg testu Tukey'a.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza chemiczna wykazała w liściach trawy *Miscanthus sacchariflorus* w pierwszym roku doświadczenia wazonowego, zróżnicowaną zawartość badanych pierwiastków, która była istotnie większa (z wyjątkiem Ba – nieistotnie większa), w porównaniu z łodygami (tab. 1).

Zawartość tych pierwiastków ($mg \cdot kg^{-1}$) ułożono w następujące szeregi malejących wartości:

- w liściach: Mn (3,97-71,83) > Sr (16,76-23,99) > Li (6,08-19,55) > B (6,99-15,60) > Ba (2,39-3,87) > Mo (0,824-2,52) > Ti (0,897-1,51);
- w łodygach: Sr (7,67-13,83) > Mn (3,46-15,36) > Li (2,29-4,72) > Ba (1,59-3,20) > B (0,555-2,19) > Ti (0,511-0,596) > Mo (0,126-0,209).

W liściach uprawianej trawy, na obiektach nawożonych osadem ściekowym w różnych dawkach, zanotowano wielokrotnie więcej analizowanych pierwiastków (z wyjątkiem Ba), niż na obiekcie kontrolnym i obiekcie z nawożeniem NPK. Nawożenie mineralne wpłynęło tylko na większą zawartość Mn, Mo i Li, w stosunku do obiektu kontrolnego.

W łodygach miskanta zawartość badanych pierwiastków była 2-8 krotnie mniejsza niż w liściach. Nawożenie osadem ściekowym wpłynęło na większą zawartość tych pierwiastków w porównaniu z obiektem kontrolnym (z wyjątkiem Ba). Pod wpływem nawożenia mineralnego zanotowano więcej Mn, Mo, B i Li w stosunku do obiektu kontrolnego oraz więcej Mo, B, Li, Ba i Ti, niż na nawożeniu osadem.

Tabela 1. Zawartość wybranych pierwiastków ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) w suchej masie trawy *Miscanthus sacchariflorus* w I roku uprawy, w doświadczeniu wazonowym

Table 1. Content of selected elements (mg kg^{-1} of D.M) of in the biomass of *Miscanthus sacchariflorus* harvested in the first year of cultivation in pot experiment

Obiekt doświadczenia Object of experiment	Składnik – Element						
	Mn	Mo	B	Li	Ba	Sr	Ti
	Liście – Leaves						
Obiekt kontrolny – Control object	3,97	0,824	9,25	6,08	3,87	21,63	0,939
NPK	8,07	1,12	6,99	7,42	3,28	19,66	0,897
10% św.m. osadu ściekowego 10% of waste activated sludge to dry mass of soil in pot	54,72	0,992	15,60	15,57	2,39	23,99	1,17
20% św.m. osadu ściekowego 20% of waste activated sludge to dry mass of soil in pot	71,83	1,22	10,99	19,55	2,40	19,84	1,04
30% św.m. osadu ściekowego 30% of waste activated sludge to dry mass of soil in pot	69,38	2,52	12,31	7,85	2,50	16,76	1,51
Średnia z nawożenia osadami ściekowymi Mean for fertilization with waste activated sludge	65,31	1,58	13,0	14,3	2,43	20,2	1,24
Średnia – Mean	41,59	1,34	11,03	11,29	2,79	20,38	1,11

	Łodygi – Stalks						
Obiekt kontrolny – Control object	3,46	0,156	0,555	2,62	2,52	9,09	0,596
NPK	3,67	0,181	2,14	4,72	2,50	7,97	0,555
10% św.m. osadu ściekowego 10% of waste activated sludge to dry mass of soil in pot	7,87	0,126	1,81	3,73	2,48	13,83	0,516
20% św.m. osadu ściekowego 20% of waste activated sludge to dry mass of soil in pot	15,36	0,157	2,19	2,71	3,20	11,45	0,538
30% św.m. osadu ściekowego 30% of waste activated sludge to dry mass of soil in pot	13,28	0,209	1,66	2,29	1,59	7,67	0,511
Średnia z nawożenia osadami ściekowymi Mean for fertilization with waste activated sludge	12,2	0,164	1,89	2,91	2,42	11,0	0,522
Średnia – Mean	8,73	0,166	1,67	3,21	2,46	10,00	0,543
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for:							
A części rośliny – parts of plant	0,912	0,405	0,724	1,38	n.i.	0,908	0,092
B nawożenie – fertilisation	2,07	n.i.	1,64	3,12	0,851	2,06	0,208
A/B interakcja – interaction	2,04	n.i.	1,62	3,08	0,839	2,03	0,205
B/A interakcja, interaction	2,93	n.i.	2,32	4,41	1,2	2,91	0,294

Tabela 2. Pobranie wybranych pierwiastków ($\text{mg}\cdot\text{wazon}^{-1}$) z plonem liści i łodyg trawy *Miscanthus sacchariflorus* w I roku uprawy
Table 2. Uptake of selected elements (mg pot^{-1}) with the yield of leaves and stalks of *Miscanthus sacchariflorus* in the first year of cultivation

Obiekt doświadczenia Object of experiment	Składnik – Element						
	Mn	Mo	B	Li	Ba	Sr	Ti
	Liście – Leaves						
Obiekt kontrolny – Control object	112	23,2	261	171	109	610	26,5
NPK	342	47,5	296	315	139	834	38,0
10% św.m. osadu ściekowego 10% of waste activated sludge to dry mass of soil in pot	5190	107	1685	1682	258	2591	126
20% św.m. osadu ściekowego 20% of waste activated sludge to dry mass of soil in pot	10770	183	1649	2933	360	2976	156
30% św.m. osadu ściekowego 30% of waste activated sludge to dry mass of soil in pot	7007	255	1243	793	253	1693	153
Średnia z nawożenia osadem Mean for fertilization with waste activated sludge	7656	182	1526	1803	290	2420	145
Średnia - Mean	4828	123	1027	1179	224	1741	99,9

Łodygi – Stalks							
Obiekt kontrolny – Control object	53,9	2,43	8,66	40,9	39,3	142	9,30
NPK	109	5,39	63,8	141	74,5	238	16,5
10% św.m. osadu ściekowego							
10% of waste activated sludge to dry mass of soil in pot	332	5,32	76,4	157	105	584	21,8
20% św.m. osadu ściekowego							
20% of waste activated sludge to dry mass of soil in pot	1129	11,5	161	199	235	842	39,5
30% św.m. osadu ściekowego							
30 % of waste activated sludge to dry mass of soil in pot	1183	18,6	148	204	142	683	45,5
Średnia z nawożenia osadem							
Mean for fertilization with waste activated sludge	881	11,8	128	187	161	703	35,6
Średnia - Mean	561	8,66	91,6	148	119	498	26,5

Pobranie i wyniesienie badanych pierwiastków z plonem miskanta cukrowego w I roku uprawy, w warunkach doświadczenia wazonowego, było wielokrotnie większe w liściach niż łodygach (tab. 2). Liście uprawianej trawy pobrały (średnio) więcej (około): 9-krotnie Mn, 14-krotnie Mo, 11-krotnie B, 8-krotnie Li, 2-krotnie Ba, 3-krotnie Sr i 4-krotnie Ti. Pobranie badanych pierwiastków było uzależnione głównie od wielkości plonu biomasy miskanta. Testowana roślina odznaczała się dwukrotnie większym plonem liści niż łodyg oraz znacznie niższym plonem biomasy na obiekcie kontrolnym (Malinowska i in. 2006). Podać w jakim stopniu pobranie pierwiastków w poszczególnych obiektach i organach roślin było zależne od wielkości plonu, który omówiono w pracy Malinowskiej in. 2006.

Na obiektach nawożonych osadem ściekowym pobranie omawianych pierwiastków przez masę liści było znacznie większe niż na obiekcie nawożonym mineralnie NPK (od 2-krotnie dla Ba do 22-krotnie dla Mn) oraz na obiekcie kontrolnym (od 0,5-krotne dla Ti do 68-krotne dla Mn). Największe pobranie pierwiastków (z wyjątkiem Mo) stwierdzono na obiekcie nawożonym dawką 20% świeżej masy osadu ściekowego w stosunku do masy gleby. Pobranie wszystkich pierwiastków na obiekcie nawożonym mineralnie było większe niż na obiekcie kontrolnym.

Wpływ nawożenia na pobranie badanych pierwiastków stwierdzono także w łodygach; większy (1-8 krotny) pod wpływem nawożenia osadem ściekowym niż nawozami mineralnymi. Nawożenie mineralne wpłynęło (na ogół) na nieco większe lub zbliżone pobranie składników w porównaniu z obiektem kontrolnym. Największe pobranie Mn, Mo, Li i Ti w łodygach na obiekcie nawożonym najwyższą (30%) dawką osadu ściekowego. Krzywy i in. (2004b) w swych badaniach potwierdza wzrost pobrania mikroelementów przez miskanta cukrowego w miarę wzrostu dawek osadu.

Trawa *Miscanthus* zbierana w zalecanym terminie (tj. styczeń, luty) traci liście w okresie zimy w wyniku dużych dobowych różnic temperatury i silnych wiatrów (Roszewski 1996). Dotyczy to szczególnie miskanta cukrowego, który charakteryzuje się wyższym plonem liści niż łodyg (Malinowska i in.2006), w odróżnieniu do innych gatunków miskanta (Kalembasa i in. 2004). Znaczne pobranie przez liście i łodygi różnych pierwiastków na obiektach nawożonych osadem ściekowym w różnych dawkach wskazuje, iż ten odpadowy materiał organiczny może być stosowany do nawożenia tej trawy w dawce 20% świeżej masy w stosunku do masy gleby, co daje lepszy efekt niż nawożenie mineralne.

WNIOSKI

1. Trawa *Miscanthus sacchariflorus* w I roku uprawy, w doświadczeniu wazonowym, cechowała się istotnie większą zawartością Mn, Mo, B, Li, Ba, Sr i Ti w liściach niż w łodygach.

2. Analiza chemiczna wykazała, że nawożenie osadem ściekowym na ogół wpłynęło na znacznie większą zawartość badanych pierwiastków w liściach oraz większą lub zbliżoną w łodygach, w porównaniu z nawożeniem mineralnym. Wpływ dawki osadu ściekowego na zawartość składników był niejednoznaczny.

3. Pobranie badanych pierwiastków z plonem liści eksperymentalnej trawy było wielokrotnie większe, niż z plonem łodyg; znacznie większe na obiektach nawożonych osadem ściekowym. Dawka 20% świeżej masy osadu w stosunku do masy gleby wpłynęła na największe pobranie składników z plonem liści.

PIŚMIENNICTWO

- Jeżowski S., 2001. Rośliny energetyczne – ogólna charakterystyka, uwarunkowania fizjologiczne i znaczenie w produkcji ekopaliwa. Post. Nauk Roln., 2, 18-27.
- Kalembasa D., Malinowska E., Jaremko D., Jeżowski S. 2004. Wpływ nawożenia NPK na strukturę plonu traw *Miscanthus ssp.*. Biuletyn IHAR, 234: 205-211.
- Krzywy E., Iżewska A., Wołoszyk Cz., 2004a. Bezpośredni i następczy wpływ komunalnego osadu ściekowego i kompostów sporządzonych z osadu ściekowego na wielkość plonu i zawartość mikropierwiastków w słomie trzciny chińskiej (*Miscanthus sacchariflorus*). Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 502, 865-875.
- Krzywy E., Iżewska A., Wołoszyk Cz., 2004b. 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.
- Malinowska E., Kalembasa D., Jeżowski S., 2006. Wpływ dawek azotu na plon i zawartość makroelementów w trawie *Miscanthus sacchariflorus* uprawianej w doświadczeniu wazonowym. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 512, 403-409.
- Roszewski R., 1996. Miskant olbrzymi – *Miscanthus sinensis giganteus*. Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródło energii. Wyd. SGGW, W-wa, 123-135.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie komunalnych osadów ściekowych dn. 1 sierpnia 2002. Dz. U. Nr. 134, poz. 1140.
- Szeptycki A., Wójcicki Z., 2003. Postęp technologiczny i nakłady energetyczne w rolnictwie do 2020 roku Wyd. PTiR, Kraków, 1-96.
- Wójcicki Z., 2003. Potencjał odnawialnych zasobów energii w rolnictwie. Wieś Jutra, 2, 8-10.

INFLUENCE OF FERTILISATION WITH WASTE ACTIVATED SLUDGE
AND UREA ON CONTENT OF SELECTED ELEMENTS
IN BIOMASS OF *MISCANTHUS SACCHARIFLORUS*

Dorota Kalembasa, Elżbieta Malinowska

Soil Science and Plant Nutrition, Academy of Podlasie
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: kalembasa@ap.siedlce.pl

Abstract. In a pot experiment the influence of fertilization by waste activated sludge and mineral fertilizers (NPK) as standard on the content of Mn, Mo, B, Li, Ba, Sr and Ti in the leaves and stalks in the biomass of *Miscanthus sacchariflorus* was studied in the first year of cultivation. On the basis of yield and the content of determined elements the uptake was calculated. Leaves contained significantly higher content than stems of all determined elements except barium. The highest value of uptake of Mn, Li, Ba, Sr and Ti was observed in the leaves of *Miscanthus sacchariflorus* harvested from the object fertilized with waste activated sludge in the dose of 20% (fresh matter) in relation to the soil mass. The uptake of the determined elements calculated for stalks increased with increasing the dose of waste activated sludge.

Keywords: *Miscanthus sacchariflorus*, waste activated sludge, microelements