

APARATURA

BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Biomasa i skład chemiczny *Miscanthus x giganteus* Greef i Deu. w zależności od nawożenia azotem w pierwszym i trzecim roku uprawy

MACIEJ BOSIACKI¹, MAŁGORZATA GOLCZ-POLASZEWSKA², ANNA GOLCZ¹

UNIwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, ¹KATEDRA ŻYWIENIA ROŚLIN, ²KATEDRA DENDROLOGII I SZKÓŁKARSTWA

Słowa kluczowe: miskant olbrzymi, nawożenie, biomasa, skład chemiczny

STRESZCZENIE

W latach 2008-2011 wykonano na glebie płowej doświadczenie nawozowe z uprawą miskanta olbrzymiego. Celem badań była ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na wzrost, plonowanie i zawartość składników pokarmowych w biomase miskanta olbrzymiego. Kontrolę stanowiła gleba o naturalnej zasobności w makro- i mikrośladniki.

Azot dawkowano corocznie, stosując 100, 200 i 300 mg N·dm⁻³ gleby jako NH₄NO₃. Określono wysokość roślin i plon biomasy oraz zawartość w roślinach makro- i mikrośladników w I i III roku zbioru.

Stosując 200 mg N·dm⁻³ gleby stwierdzono największą biomasę miskanta, wysokość roślin oraz zawartość fosforu, manganu i żelaza, a najmniejszą potasu i sodu. W kombinacji kontrolnej rośliny gromadziły w części nadziemnej najwięcej miedzi, cynku, niklu i kadmu, natomiast zawierały najmniej magnezu, żelaza oraz aż o połowę mniej manganu w stosunku do dawki 200 mg N·dm⁻³ gleby. Zawartość azotu w roślinie zwiększała się proporcjonalnie do zastosowanego w nawożeniu poziomu azotu.

Biomass and chemical content *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. depending on nitrogen fertilization in the first and third year cultivation

Keywords: *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu., fertilization, biomass, chemical content

ABSTRACT

In the years 2008-2011 fertilizer experiment on lessive soil with a *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. was carried out. The aim of the study was to assess the impact of nitrogen fertilization on growth, yield and nutrient content in the biomass of *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. Control treatment was soil a natural abundance of macro- and micronutrients.

Nitrogen was dosed every year, using 100, 200 and 300 mg N·dm⁻³ soil as NH₄NO₃. Plant height and biomass yield and content of macro- and micronutrients in the plants in first and third year of harvest were determined.

Using 200 mg N·dm⁻³ soil *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. had the greatest biomass, plant height, and phosphorus, manganese and iron, and the lowest potassium and sodium. In the control treatment plants accumulated in the above-ground parts the most copper, zinc, nickel and cadmium, and the least content of magnesium, iron and as much as half the manganese in comparison to dose 200 mg N·dm⁻³ soil. The nitrogen content in plants increased proportionally to the applied levels of nitrogen fertilization.

1. WSTĘP

Rośliny energetyczne, między innymi wierzba (*Salix* sp.), ślaziołec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby), miskant olbrzymi (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deu.), rutwica wschodnia (*Galega orientalis* Lam.) czy topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) stanowią jedno z najbardziej obiecujących źródeł energii odnawialnej w Polsce [1, 2, 3]. Najistotniejszymi parametrami tych roślin jest duży przyrost roczny biomasy i jej wysoka wartość opałowa [3, 4].

O powodzeniu uprawy decydują: niewielkie wymagania względem siedliska, możliwość zmechanizowania prac polowych zarówno przy zakładaniu plantacji jak i zbiorze, odporność roślin na choroby i szkodniki [4].

Gatunki roślin energetycznych, o wysokim potencjale plonowania, są szczególnie zalecane do uprawy na terenach narażonych na erozję oraz obszarach skażonych, jako hiperakumulatory do fitoremediacji [5-7].

Miskant olbrzymi pochodzi z Azji Południowo-Wschodniej, a uprawiany jest w Europie, początkowo jako roślina ozdobna, od ponad 50 lat. Ta okazała trawa wytwarza nowe pędy odśrodkowo z ryzomów (podziemnych rozłogów), tworząc coraz większą kolistą kępę [8].

Fizjologowie zaliczają miskanta do grupy roślin szlaku C-4, które charakteryzuje bardzo wydajny proces fotosyntezy, zapewniający szybki i duży

przyrost biomasy, przy jednocześnie mniejszym współczynniku transpiracji, czyli mniejszym zużyciu wody [8, 9].

Jednym z czynników wpływających na przyrost biomasy jest nawożenie, szczególnie azotem - w znaczącym stopniu odpowiedzialnym za wielkość i jakość plonu.

Celem badań była ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem przy jednakowym tle pozostałych makro- i mikroskładników, na wzrost, plonowanie i zawartość składników pokarmowych w biomacie miskanta olbrzymiego.

2. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W latach 2008-2011 przeprowadzono badania polowe, na glebie płowej, klasy bonitacyjnej IVa z uprawą miskanta olbrzymiego na terenie prywatnego gospodarstwa we wsi Rudki Huby k/Ostroroga (16°26'E, 52°38'N) w powiecie szamotulskim, w województwie wielkopolskim.

Jednoroczne sadzonki miskanta posadzono w połowie września 2008 roku - 1 roślinę na 1 m². Doświadczenie jednoczynnikowe składało się z 4 kombinacji w 5 powtórzeniach.

W kwietniu każdego roku badań pobrano próbki gleby, w których oznaczono pH, EC, makroskładniki, mikroskładniki oraz kadm i ołów. W 2009 roku na podstawie analizy chemicznej gleby stwierdzono następujące zawartości składników pokarmowych oraz metali ciężkich (mg·dm⁻³): NO₃ 4;

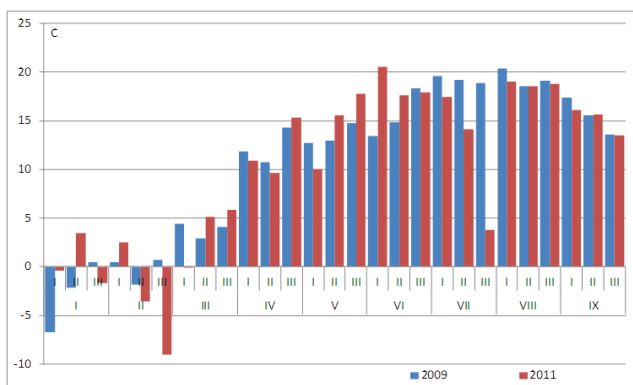
NH₄ 11 ; P 115 ; K 310 ; Ca 1450; Mg 205; Na 30; Fe 91; Mn 21; Cu 4,5; Zn 18; Ni 1,1; Cd 0,07; Pb 3,42, natomiast w 2011 roku: NO₃ 7; NH₄ 5; P 87; K 234; Ca 1067; Mg 166; Na 18; Fe 74; Mn 16; Cu 3,2; Zn 11; Ni 0,4; Cd 0,02; Pb 1,99. Makroskładniki oznaczono metodą 'Uniwersalną' wg Nowosielskiego [10] w roztworze CH₃COOH o stężeniu 0,03 mol·dm⁻³: N – NH₄ i N – NO₃ destylacyjnie (wg Bremnera w modyfikacji Starcka [11]); P kolorymetrycznie metodą wanadomolibdenową; K, Ca i Na – metodą fotometrii płomieniowej; Mg – metodą absorpcji atomowej (AAS); Cl i S – SO₄ – metodą nefelometryczną.

Mikroskładniki oraz kadm i ołów oznaczono w wyciągu Lindseya płomieniowo techniką AAS (FAAS). Wyciąg Lindseya zawiera w 10 dm³: 50 g EDTA (kwas wersenowy), 90 ml 25% roztworu NH₄OH, 40 g kwasu cytrynowego, 20 g Ca(CH₃COO)₂·2H₂O.

W 2009 roku pH_(H₂O) gleby oznaczono potencjometrycznie [12] i wynosiło ono 6,8 a w 2011 6,3. EC (mS·cm⁻¹) oznaczono konduktometrycznie; w 2009 roku wynosiło 0,467, natomiast w 2011 roku 0,352.

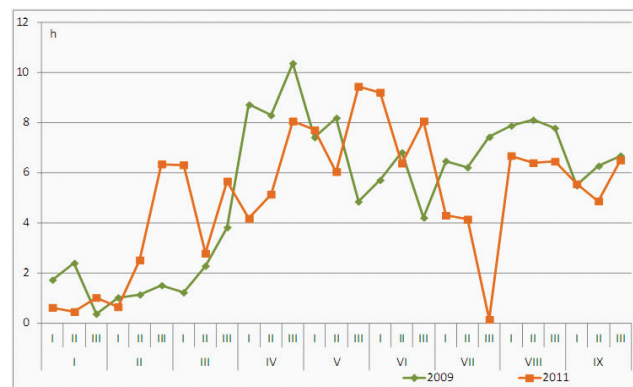
Każdego roku w kwietniu dawковано azot w formie NH₄NO₃: 1/ kontrola bez azotu; 2/ 100 ; 3/ 200; 4/ 300 mg dm⁻³ gleby. Kontrolę stanowiła gleba o naturalnej zasobności w makro- i mikroskładniki.

Temperaturę oraz usłonecznienie w latach zbioru miskanta przedstawiono na Rysunkach 1 i 2. Temperatury w latach 2009 i 2011 oscylowały w przedziale od ±12°C w IV poprzez średnio ±17°C od V do VIII.



Rysunek 1 Średnie temperatury dekadowe w latach 2009 i 2011 (I-IX)

Figure 1 The average temperature in the decade between 2009 and 2011 (I-IX)



Rysunek 2 Usłonecznienie dekadowe w latach 2009 i 2011 (I-IX)

Figure 2 Insolation in the decade between 2009 and 2011 (I-IX)

W 2009 roku maksimum usłonecznienia (ponad 10 h) odnotowano w trzeciej dekadzie IV, po czym w kolejnych miesiącach od V do VI poziom usłonecznienia zmniejszył się o połowę, natomiast w VIII ponownie odczytano większe usłonecznienie w granicach 8 h. W 2011 roku usłonecznienie w kolejnych miesiącach od IV wzrastało skokowo w przedziale 6 - 9 h, natomiast w trzeciej dekadzie VII wystąpiło gwałtowne obniżenie usłonecznienia bliskie 0.

Dobre usłonecznienie terenu, średnia roczna suma opadów w kolejnych latach uprawy w tym rejonie na poziomie ± 450 mm (dane uzyskane ze Stacji Meteorologicznej w Poznaniu), wysoki poziom wody gruntowej, pH w przedziale 6,3 – 6,8 odpowiadały wymaganiom miskanta wskazanym w literaturze [8].

Corocznie, w październiku przed jednorazowym zbiorem części nadziemnej wykonywano pomiar długości pędów. W I i III roku uprawy określono plon biomasy.

Świeżą masę części nadziemnej miskanta olbrzymiego poddano empirycznemu rozkładowi prawdopodobieństwa. Pogrupowano średnie obserwacje świeżej masy w tzw. szereg rozdzielczy, w którym wyznaczono rozłączne przedziały zwane klasami. Wyznaczono pięć klas dla świeżej masy, a następnie dla każdej z nich liczby obserwacji (tzw. liczebności klasowe) do nich należące. W celu zapewnienia jednoznaczności zaliczenia obserwacji do poszczególnych klas przyjęto, że klasy są przedziałami lewostronnie otwartymi i prawostronnie domkniętymi. Podano również częstości, które przemnożone przez 100, określają procent obserwacji świeżej masy roślin zaliczony do poszczególnych klas.

W części nadziemnej roślin oznaczono zawartości makroskładników: azotu, fosforu, potasu, magnezu, wapnia, sodu oraz mikrośkładników: żelaza, manganu, miedzi i cynku, a także metali ciężkich: kadmu, ołowiu i niklu.

Do oznaczenia w częściach nadziemnych miskańta azotu ogólnego materiał roślinny mineralizowano w kwasie sulfosalicylowym, natomiast ogólnych form fosforu, potasu, wapnia i magnezu i sodu mineralizowano w stężonym kwasie siarkowym. Po mineralizacji wykonano następujące oznaczenia: N – metodą destylacyjną wg Kjeldahla, na aparacie Parnasa – Wagnera, P – metodą kolorymetryczną z molibdenianem amonu, K, Ca i Na – fotometrycznie, Mg – spektrometrią absorpcji atomowej (AAS-FAAS).

Zawartość mikroelementów i metali ciężkich oznaczono metodą AAS (FAAS) po mineralizacji ich w mieszaninie kwasu azotowego i nadchlorowego (3:1).

Obliczenia statystyczne wysokości roślin, plonu biomasy oraz składników pokarmowych wykonano za pomocą testu Duncana dla doświadczeń jednoczynnikowych na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

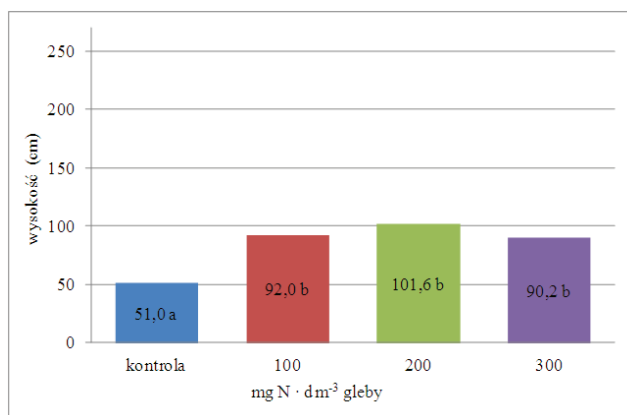
3. WYNIKI I Dyskusja

W I roku zbioru miskańta stwierdzono istotną różnicę w wysokości roślin między kontrolą a pozostałymi kombinacjami, natomiast zróżnicowane dawki azotu nie miały istotnego wpływu na wysokość roślin. (Rys. 3). W III roku uprawy najwyższe rośliny otrzymano stosując 200 i 300 mg N·dm⁻³gleby, natomiast najniższe, statystycznie udowodnione, w kombinacji kontrolnej (Rys. 4).

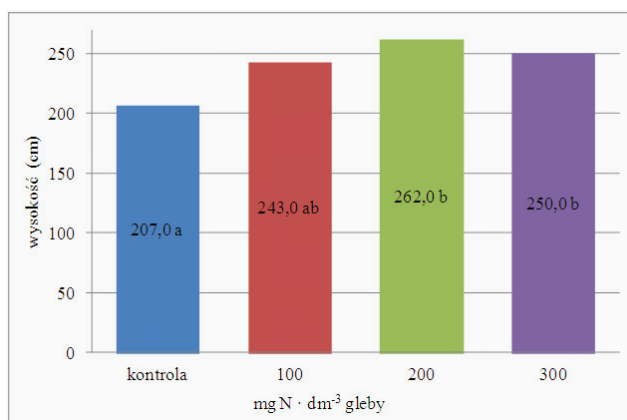
Wyniki badań innych autorów dowiodły, że z jesiennej zbiórki w porównaniu z zimowym uzyskuje się więcej biomasy [7, 13].

W I roku uprawy otrzymano największy plon świeżej masy miskańta zbieranego jesienią, stosując 200 mg N·dm⁻³gleby (Rys. 5). Był on prawie 10-krotnie większy od plonu z kombinacji kontrolnej.

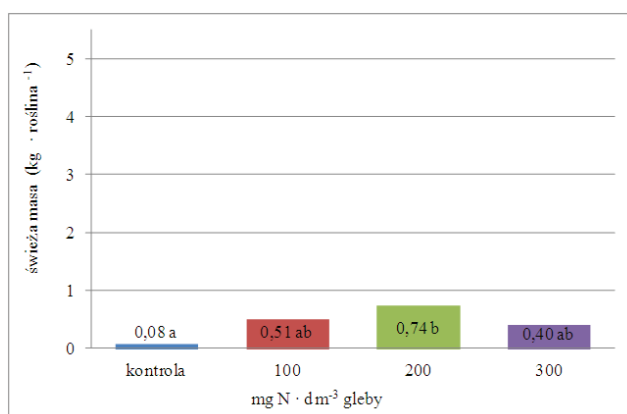
W III roku uprawy stwierdzono istotnie większy plon świeżej masy miskańta stosując nawożenie azotem w porównaniu z kontrolą, a największy plon, gdy nawożono 100 mg N·dm⁻³gleby (Rys. 6). W zakresie 100–300 mg N·dm⁻³gleby plon świeżej masy nie różnił się istotnie. Stosując 300 mg N·dm⁻³gleby odnotowano jednak tendencję obniżenia plonu.



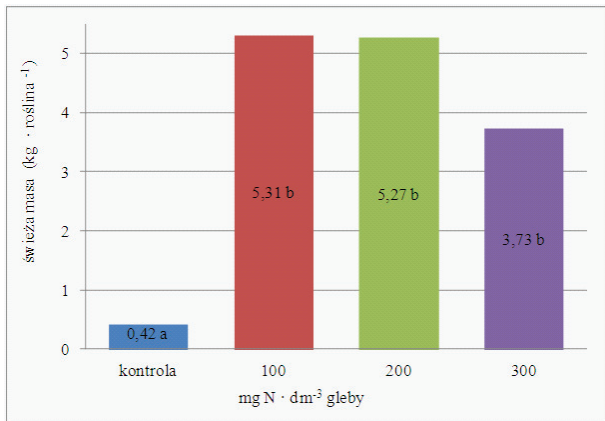
Rysunek 3 Wysokość *Miscanthus x giganteus* Greef i Deu. w pierwszym roku uprawy
Figure 3 The height of *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. in the first year of cultivation



Rysunek 4 Wysokość *Miscanthus x giganteus* Greef i Deu. w trzecim roku upraw
Figure 4 The height of *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. in the third year of cultivation



Rysunek 5 Biomasa *Miscanthus x giganteus* Greef i Deu. w pierwszym roku zbioru
Figure 5 The biomass of *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. in the first year of harvest



Rysunek 6 Biomasa *Miscanthus x giganteus* Greef i Deu. w trzecim roku zbioru

Figure 6 The biomass of *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. in the third year of harvest



Rysunek 7 *Miscanthus x giganteus* Greef i Deu. w trzecim roku uprawy w kombinacji z zastosowaniem 200 mg N · dm⁻³gleby

Figure 7 *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. in the third year of cultivation in combination with 200 mg N · dm⁻³soil

Analizując empiryczny rozkład prawdopodobieństwa świeżej masy miskanta z podziałem na klasy (od największej – klasa I, do najmniejszej –

klasa V), stwierdzono w I i III roku zbioru największą liczebność (częstość) roślin w klasie V, czyli roślin o najmniejszej masie (Tab. 1). Niezależnie od dawki azotu w pierwszym roku 60% badanych roślin uzyskało masę w przedziale od 0,04 do 0,34 kg, natomiast w trzecim najczęściej roślin (35%) stwierdzono o masie od 0,13 do 2,13 kg. Wykazano również w III roku zbioru jednakowe częstości roślin w klasach II-IV (uzyskano 20% roślin charakteryzujących się biomasa w każdej z klas), łącznie stwierdzono 60% roślin o masie od 2,13 do 8,13 kg. Zawartości makroskładników i sodu oznaczone w biomacie miskanta zamieszczono w Tabeli 2. Najwięcej składników mineralnych gromadzą liście [14].

Tabela 1 Empiryczny rozkład prawdopodobieństwa świeżej masy *Miscanthus x giganteus* Greef i Deu.

Table 1 Empirical probability distribution of fresh matter *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu.

Rok zbioru	Klasy	Liczebność f_i	Częstości f_i/n	Częstości skumulowane
I rok	V = (0,04-0,34]	12	12/20	12/20
	IV = (0,34-0,64]	2	2/20	14/20
	III = (0,64-0,94]	3	3/20	17/20
	II = (0,94-1,24]	1	1/20	18/20
	I = (1,24-1,54]	2	2/20	20/20
Suma		25	1	
III rok	V = (0,13-2,13]	7	7/20	7/20
	IV = (2,13-4,13]	4	4/20	11/20
	III = (4,13-6,13]	4	4/20	15/20
	II = (6,13-8,13]	4	4/20	19/20
	I = (8,13-10,13]	1	1/20	20/20
Suma		25	1	

Wykazano, że w obu latach zbioru, wraz ze wzrostem poziomu azotu w glebie wzrastała jego zawartość w roślinie. W III roku uprawy miskant niezależnie od zastosowanej dawki azotu gromadził więcej azotu, co statystycznie udowodniono.

Nie stwierdzono natomiast różnic w zawartości fosforu i sodu w roślinach w porównywanych latach badań oraz różnicując poziom azotu. Wyjątek stanowiła kombinacja 200 mg N · dm⁻³

Tabela 2 Zawartość makroskładników i sodu w części nadziemnej *Miscanthus x giganteus* Greef i Deu. (%) suchej masy

Table 2 Macronutrient content and sodium in the aboveground part of *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. (%) dry matter

Składnik	Rok zbioru	Dawka azotu (mg N·dm ⁻³ gleby)				Średnia
		kontrola	100	200	300	
N	I	0,83 a	1,06 c	1,55 e	1,65 f	1,27 a
	III	0,96 b	1,18 d	1,63 ef	1,87 g	1,41 b
Średnia		0,89 a	1,12 b	1,59 c	1,76 d	
P	I	0,08 a	0,08 a	0,13 bc	0,09 a	0,09 a
	III	0,09 a	0,08 a	0,14 c	0,10 ab	0,10 a
Średnia		0,08 a	0,09 a	0,13 b	0,09 a	
K	I	1,34 b	1,35 b	0,93 a	1,45 b	1,27 a
	III	1,54 b	1,49 b	0,98 a	1,64 b	1,41 b
Średnia		1,44 b	1,42 b	0,95 a	1,55 b	
Mg	I	0,55 a	0,58 ab	0,75 de	0,62 abc	0,63 a
	III	0,64 abc	0,65 bc	0,79 e	0,70 cd	0,69 b
Średnia		0,59 a	0,61 ab	0,77 c	0,66 b	
Ca	I	1,53 a	1,67 ab	1,67 ab	1,51 a	1,59 a
	III	1,76 bc	1,86 c	1,75 bc	1,68 ab	1,76 b
Średnia		1,64 ab	1,76 c	1,71 bc	1,59 a	
Na	I	0,052 cd	0,048 bcd	0,031 a	0,038 ab	0,042 a
	III	0,060 d	0,054 cd	0,032 a	0,042 abc	0,047 a
Średnia		0,056 c	0,051 c	0,031 a	0,040 b	

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $p < 0,05$

Tabela 3 Zawartość mikroskładników oraz kadmu i ołowiu w części nadziemnej *Miscanthus x giganteus* Greef i Deu. (mg·kg⁻¹ suchej masy)

Table 3 Content of microelements, cadmium and lead in the aboveground part of *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. (mg · kg⁻¹ dry matter)

Składnik	Rok zbioru	Dawka azotu (mg N·dm ⁻³ gleby)				Średnia
		kontrola	100	200	300	
Fe	I	64,46 a	69,30 ab	84,73 c	74,57 abc	73,26 a
	III	74,13 abc	76,96 abc	88,79 c	82,73 bc	80,65 b
Średnia		69,29 a	73,13 a	86,76 b	78,65 ab	
Mn	I	159,84 a	244,98 b	317,26 bc	293,11 bc	251,30 a
	III	172,32 a	272,11 bc	333,20 c	271,53 bc	262,29 a
Średnia		161,08 a	258,55 b	325,23 c	282,32 bc	
Cu	I	13,82 ab	12,49 ab	13,40 ab	12,45 ab	13,04 a
	III	15,89 b	13,88 ab	14,02 ab	11,59 a	13,85 a
Średnia		14,86 b	13,18 ab	13,71 ab	12,02 a	
Zn	I	57,20 b	28,83 a	37,88 a	32,23 a	39,04 a
	III	65,78 b	31,01 a	39,73 a	29,96 a	41,97 a
Średnia		61,49 c	30,42 a	38,81 b	31,10 a	
Ni	I	6,16 ab	5,02 a	5,19 a	4,77 a	5,29 a
	III	7,09 b	5,58 a	5,45 a	4,79 a	5,73 a
Średnia		6,63 b	5,30 a	5,32 a	4,78 a	

Cd	I	0,85 b	0,53 a	0,62 a	0,64 a	0,66 a
	III	0,98 b	0,59 a	0,65 a	0,63 a	0,72 a
Średnia		0,92 b	0,56 a	0,64 a	0,64 a	
Pb	I	6,82 a	7,19 ab	7,44 abc	7,42 abc	7,22 a
	III	7,85 bc	7,98 c	7,81 bc	7,42 abc	7,77 b
Średnia		7,34 a	7,58 a	7,62 a	7,42 a	

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $p < 0,05$

gleby, w której zawartości fosforu były statystycznie istotnie największe, natomiast potasu i sodu najmniejsze.

Oznaczono ponadto identyczne średnie zawartości azotu i potasu – w I roku uprawy wynosiły 1,27% N i 1,27% K, a w III roku – 1,41% N i 1,41% K. Miskant w III roku uprawy gromadził więcej magnezu (średnia 0,69% Mg) i wapnia (średnia 1,76% Ca) w porównaniu z I rokiem uprawy (średnia 0,63% Mg i 1,59% Ca). W obu latach uprawy, w kombinacji kontrolnej rośliny zawierały najwięcej sodu.

Według Borkowskiego i Lityńskiego [15] biomasa miskanta olbrzymiego zawiera $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.: 27,6 popiołu; 4,49 N; 0,32 P; 0,86 K; 0,64 Mg; 2,78 Ca; 0,13 Na; 0,64 S. Z przeprowadzonych badań wynika, że tylko zawartości magnezu w biomacie są porównywalne z danymi literaturowymi i wynoszą średnio z obu lat zbioru 0,66 % Mg.

Biomasa miskanta zawiera dużo krzemu i wapnia, natomiast mało potasu [16]. To determinuje dobrą przydatność do spalania, mniejsze żużlowanie i tworzenie korozji zmniejsza ryzyko osadzania popiołów. W przedstawionych badaniach własnych stwierdzono, że w roślinie zawartości wapnia były 2-krotnie większe niż magnezu i to niezależnie od poziomu nawożenia. Wysoki stosunek Ca : K i Si : K potwierdzili inni w badaniach [16].

Zawartość makroelementów w biomacie miskanta układała się w następującym malejącym szeregu : Ca > K > Mg > P i była zgodna z zawartościami w popiele właściwym z miskanta oraz ze śladowca pensylwańskiego: : Ca > K > S > Mg > P > Na podanymi w innych publikacjach [5].

Zawartości mikroelementów oraz kadmu i ołowiu w części nadziemnej miskanta przedstawiono w Tabeli 3.

W III roku uprawy w porównaniu z pierwszym, niezależnie od dawkowania azotu, rośliny gromadziły więcej żelaza. Nie stwierdzono takiej zależności w przypadku pozostałych mikroelementów.

Najmniejsze zawartości żelaza i manganu oznaczono w roślinach z kombinacji kontrolnej (bez azotu), natomiast statystycznie najwięcej tych mikroelementów rośliny gromadziły, gdy zastosowano 200 $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ gleby. Różnica w przypadku żelaza wynosiła zaledwie $\pm 18 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ suchej masy (co stanowi $\pm 21 \%$), natomiast dla manganu była większa o 50%.

Inną prawidłowość odnotowano w przypadku miedzi i cynku. Największe zawartości tych mikroelementów oznaczono w roślinach z kombinacji kontrolnej. Pod wpływem dawkowania azotu do poziomu 300 $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ gleby istotnie, systematycznie, zmniejszała się zawartość miedzi w roślinie, natomiast cynku - średnio o połowę przy największym poziomie azotu.

Analizując zawartość metali ciężkich w latach zbioru nie stwierdzono dla średnich istotnych różnic w zawartości niklu i kadmu, a statystycznie więcej ołowiu oznaczono w roślinie w trzecim roku zbioru. Nie wykazano również wpływu nawożenia azotem na poziom ołowiu.

W kombinacji kontrolnej, w której nie stosowano azotu, miskant zawierał najwięcej niklu i kadmu. Dawkowanie azotu w zakresie 100-300 $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ gleby nie różnicowało istotnie zawartości niklu i kadmu w roślinie.

4. WNIOSKI

1. Stwierdzono, że 200 $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ gleby stanowi optymalną dawkę dla uprawy miskanta.
2. Zawartość azotu w części nadziemnej miskanta zwiększała się proporcjonalnie do zastosowanego w nawożeniu poziomu azotu.
3. Przy zastosowaniu 200 $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ gleby miskant zawierał najwięcej fosforu, manganu i żelaza, natomiast najmniej potasu i sodu.
4. W kombinacji kontrolnej (bez stosowania azotu) miskant gromadził najwięcej miedzi, cynku, niklu i kadmu, natomiast zawierał najmniej magnezu, żelaza i aż o połowę mniej manganu w stosunku do dawki 200 $\text{mg N} \cdot \text{dm}^{-3}$ gleby.

LITERATURA

- [1] Kościak B., Rośliny energetyczne. Wyd. AR Lublin, 2003.
- [2] Borkowska H., Styk B., Ślaziowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby). Uprawa i wykorzystanie. Wyd. AR Lublin, 1997.
- [3] Kotecki A., Uprawa miskanta olbrzymiego. Energetyczne i pozaenergetyczne możliwości wykorzystania słomy. Wrocław, 186, 2010.
- [4] Szczukowski S., Kościak B., Kowalczyk-Juśko A., Tworkowski J., Uprawa i wykorzystanie roślin alternatywnych na cele energetyczne. *Fragmenta Agronomica*, 3, 300-315, 2006.
- [5] Kalembasa D., Ilość i skład chemiczny popiołu z biomasy roślin energetycznych. *Acta Agrophysica*, 7(4), 909-914, 2006.
- [6] Kowalczyk-Juśko A., Wykorzystanie wybranych gatunków roślin w ochronie środowiska i energetyce. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 560, 137-142, 2011.
- [7] Majtkowski W., Perspektywy wykorzystania traw „energetycznych” w zagospodarowaniu stref oddziaływania dróg ekspresowych i autostrad oraz gruntów odłogowych. *Mat. Konf. Nauk. „Wykorzystanie energii odnawialnej w rolnictwie”*, Warszawa, 149-154, 1998.
- [8] Podleśny J., Trawa *Miscanthus x giganteus* – jej charakterystyka oraz możliwości wykorzystania. *Postępy Nauk Rolniczych*, Puławy, 2, 41-46, 2005.
- [9] Kozłowska M. (red.), *Fizjologia roślin. Od teorii do nauk stosowanych*. PWRiL, Poznań, 2007.
- [10] Kozik E., Golcz A., *Plant nutrients. Research Methods In Plant Sciences vol. 3. Soil Sickness*. Narwal S. S., Politycka B., Fengzhi Wu, Sampietro D. A. (red) Studium Press LLC, Huston USA, 21-41, 2011.
- [11] Starck J., Mikrometoda oznaczania azotu amonowego i azotanowego z azotynowym w torfach i substratach torfowych przez destylację z parą wodną. *Biul. Inf. Torf.*, 4(23), 1969.
- [12] Golcz A., *Soil salinity and acidity . Research Methods In Plant Sciences vol. 3. Soil Sickness*. Narwal S. S., Politycka B., Fengzhi Wu, Sampietro D. A. (red.) Studium Press LLC, Huston USA., 43-53, 2011.
- [13] Lewandowski I., *Miscanthus – a multifunctional biomass crop for the future*. W: *Alternative plants for sustainable agriculture*. Praca zbiorowa pod red. Jeżowski S., Wojciechowicz M. K., Zenkteler E., Instytut Genetyki Roślin PAN Poznań, 83-90, 2006.
- [14] Oniśko W., Trzcinnik olbrzymi (*Miscanthus sinensis „Giganteus”*) – nowy, przyszłościowy surowiec włóknisty i możliwości jego wykorzystania. *Przemysł Drzewny*, 11, 31-34, 1996.
- [15] Borkowska H., Lityński W. Zawartość pierwiastków w biomacie kilku gatunków roślin energetycznych. *Acta Agrophysica*, 10(2), 287-289, 2007.
- [16] Chołuj D., Podlaski S., Wiśniewski G., Szmałek J., Kompleksowa ocena biologicznej przydatności 7 gatunków roślin wykorzystywanych na cele energetyczne. *Studia i Raporty IUNG-PIB.*, 11, 81-99, 2008.