

MACIEJ BOSIACKI

Katedra Żywnienia Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

OCENA PRZYDATNOŚCI MISKANTA OLBRZYMIEGO (*MISCANTHUS* × *GIGANTEUS* GREEF ET DEU.) DO FITOEKSTRAKCJI MIEDZI I CYNKU Z GLEB*

EVALUATION OF SUITABILITY OF GIANT MISCANTHUS
(*MISCANTHUS* × *GIGANTEUS* GREEF ET DEU.) IN PHYTOEXTRACTION
OF COPPER AND ZINC FROM SOIL

Streszczenie. Głównym celem badań było określenie przydatności *Miscanthus* × *giganteus* do fitoekstrakcji miedzi i cynku z gleb, jak również ocena tolerancji tego gatunku na wzrastające stężenia metali w glebie. Potencjał *Miscanthus* × *giganteus* w zakresie fitoekstrakcji badano w dwuletnim doświadczeniu wazonowym, w nieogrzewanym tunelu foliowym. Wazony wypełniono glebą mineralną (piasek słabo gliniasty) oraz mieszaniną gleby z torfem wysokim i wprowadzono do nich cztery poziomy zawartości miedzi i cynku: kontrolę (wyjściowa zawartość Cu i Zn), Cu – 80 mg·dm⁻³, Zn – 300 mg·dm⁻³ – słabe zanieczyszczenie, Cu – 100 mg·dm⁻³, Zn – 1000 mg·dm⁻³ – średnie zanieczyszczenie, Cu – 500 mg·dm⁻³, Zn – 3000 mg·dm⁻³ – silne zanieczyszczenie. W wyniku badań okazało się, że potencjał *Miscanthus* × *giganteus* do fitoekstrakcji miedzi i cynku z gleby nie jest znaczący. Nie stwierdzono zjawiska hiperakumulacji metali ciężkich w biomase nadziemnej.

Słowa kluczowe: fitoremediacja, indeks stężenia metalu, skażenie miedzią i cynkiem, rośliny ozdobne

Wstęp

W związku z postępującą antropopresją wzrasta w środowisku stężenie niebezpiecznych substancji, szczególnie metali ciężkich, które w większym stężeniu są silnie tok-

*Praca finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2011 jako projekt badawczy nr N N305 085535.

syczne dla ludzi i zwierząt, wpływając także negatywnie na właściwości gleb oraz na jakość i aktywność fizjologiczną roślin. Naukowcy poszukują nowych, bardziej skutecznych i ekonomicznie opłacalnych metod ich unieczynnienia.

W ostatnich latach coraz więcej badań dotyczy bioremediacji inżynieryjnej, a jedną z jej technologii *in situ* jest fitoremediacja, wykorzystująca zdolność roślin do akumulacji dużych ilości metali ciężkich ze środowiska (SALT i IN. 1995, LASAT 2000, SCHONNOOR 2002). Ze względu na sposoby oczyszczania środowiska z toksyn dzieli się ją na następujące działy: fitoekstrakcja, fitochemostabilizacja, fitodegradacja, fitoulatnianie, fitofiltracja, ryzofiltracja (SALT i IN. 1998).

Terminem „fitoremediacja” (ang. *phytoremediation*) określa się działanie roślin wyższych, a w szczególności ich właściwości w procesach usuwania ze środowiska (gleby, wody i powietrza) szkodliwych substancji zanieczyszczających, w tym metali ciężkich (BARABASZ i IN. 2008, VANGRONSVELD i IN. 2009). W tej metodzie wykorzystywane są głównie procesy zachodzące w glebie oraz związane z fizjologią roślin.

Fitoremediacja, a szczególnie fitoekstrakcja (pierwszy zaobserwował to zjawisko BAUMAN 1885), jest znakomitą ideą oczyszczania gleb, która w Polsce nie jest jeszcze powszechnie stosowana, jednak w wielu ośrodkach prowadzi się badania na ten temat. Metoda fitoekstrakcji dzieli się na fitoekstrakcję ciągłą i indukowaną (WENZEL i IN. 2003, VANGRONSVELD i IN. 2009).

Zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi w wybranych obszarach kraju stanowi poważny problem. Konieczne jest nie tylko stworzenie sprawnego systemu monitoringu, lecz także opracowanie niedrogich i skutecznych technik oczyszczania gleby i unieszkodliwiania toksycznych związków w miejscu ich depozycji przeciwdziałających skażeniu gleb, wód gruntowych i łańcucha troficznego.

W przypadku zastosowania fitoremediacji na terenach zurbanizowanych rośliny, obok oczyszczania skażonych środowisk, mogłyby spełniać funkcje estetyczne. Propozycja ta wydaje się szczególnie atrakcyjna, jako że corocznie miasta są obsadzone roślinami ozdobnymi (BOSIACKI i ZIELEZIŃSKI 2011, BOSIACKI i WOJCIECHOWSKA 2012).

Głównym celem badań było określenie przydatności trawy ozdobnej – miskanta olbrzymiego do fitoekstrakcji miedzi i cynku z gleb, jak również ocena tolerancji tego gatunku na wzrastające stężenia metali.

Material i metody

Doświadczenie wegetacyjne przeprowadzono w nieogrzewanym tunelu foliowym z podnoszonymi bokami o wymiarach 6 × 30 m na terenie Stacji Doświadczalnej Marcelin Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Sadzonki miskanta olbrzymiego wyprodukowano w laboratorium kultur tkankowych Vitroflora. Rośliny zostały wsadzone na początku maja w pojemniki bezodpływowe (o pojemności 7 dm³) napełnione wcześniej przygotowanym podłożem. Doświadczenie składało się z 16 kombinacji, a każda kombinacja – z sześciu replikacji.

Fitoremediację metali ciężkich przez miskanta olbrzymiego badano w dwóch latach wzrostu przy jego uprawie w dwóch podłożach, przy czterech poziomach metali. Ponieważ w Polsce dominują gleby lekkie, o małej ilości substancji organicznej, taką właśnie glebę wybrano do doświadczenia. Drugim podłożem była mieszanina tej gleby

mineralnej z torfem wysokim. Torf wysoki dodano w celu zwiększenia ilości substancji organicznej w glebie mineralnej.

1. Podłoża:

- a) gleba mineralna (piasek słabo gliniasty),
- b) gleba mineralna (psg) z torfem wysokim (1:1 v/v).

2. Metale ciężkie (osobno), wprowadzono w następujących dawkach:

- a) miedź (kontrola – zawartość wyjściowa, 80, 100 i 500 mg·dm⁻³),
- b) cynk (kontrola – zawartość wyjściowa, 300, 1000 i 3000 mg·dm⁻³).

Przed założeniem doświadczenia w glebie mineralnej oznaczono zawartość C_{org} metodą Tiurina (GOLCZ i BOSIACKI 2011). Próbkę gleby spalono z mieszaniną 0,067-molowego dwuchromianu potasu (K₂Cr₂O₇) oraz stężonego kwasu siarkowego (H₂SO₄), wykorzystując ciepło jego uwalniania. W podłożu stanowiącym mieszaninę gleby mineralnej z torfem wysokim (1:1 v/v) procent substancji organicznej oznaczono poprzez prażenie podłoża metodą bezpośrednią w wysokiej temperaturze w obecności tlenu, pod wpływem której substancja organiczna ulega rozkładowi (wydziela się węgiel w postaci CO₂, wodór w postaci H₂O oraz azot w N₂, inne pierwiastki pozostają w popiele).

Zawartość węgla organicznego w piasku słabo gliniastym (metoda Tiurina) wynosiła 0,55% (0,95% próchnicy), a procent substancji organicznej w mieszaninie piasku słabo gliniastego i torfu wysokiego (ze strat prażenia) wyniósł 10,05%.

W glebie mineralnej oznaczono według MOCKA i DRZYMAŁY (2010) gęstość fazy stałej (właściwą), która wynosiła 2,65 g·cm⁻³, oraz gęstość objętościową – 1,62 g·cm⁻³. Porowatość całkowita gleby mineralnej wynosiła 38,9%. Oznaczono również skład granulometryczny gleby mineralnej metodą areometryczną według Prószyńskiego (MOCEK i DRZYMAŁA 2010). Na podstawie procentowego udziału frakcji określono grupę granulometryczną gleby: piasek słabo gliniasty.

W badaniach zastosowano torf wysoki firmy Hartmann (torf sfagnowy, mielony, frakcjonowany o odczynie kwaśnym (pH 4,50). Torf ten ma dużą pojemność wodną, jednocześnie zachowując sprężystą strukturę. Masa 1 dm³ torfu wynosiła 490 g.

W celu uzyskania odpowiedniego pH dla uprawy miskanta olbrzymiego wykonano krzywą neutralizacji dla badanych podłoży. Na jej podstawie ustalono dawkę CaCO₃ – dla utrzymania pH w przedziale 6,5-7,0. Do uregulowania odczynu podłoża (gleba mineralna + torf wysoki) zastosowano 3 g·dm⁻³ CaCO₃ (odczynnik chemicznie czysty). Podłoże, które stanowiła gleba mineralna (psg), nie wymagało regulacji odczynu (pH gleby 6,8). Mimo to zastosowano 1 g·dm⁻³ CaCO₃ dla utrzymania pH w przedziale 6,5-7,0. Odpowiednią ilość węglanu wapnia wprowadzono do każdego pojemnika doświadczalnego z podłożem. Zawartość wyjściowa po wapnowaniu w glebie mineralnej wynosiła: Cu – 14,72, a Zn – 20,43 mg·dm⁻³, natomiast w mieszaninie gleby z torfem wysokim: Cu – 9,87, a Zn – 14,71 mg·dm⁻³.

Po dwóch tygodniach od wapnowania do podłoży wprowadzono składniki pokarmowe oraz badane metale ciężkie. Badane metale ciężkie zostały wprowadzone tylko w pierwszym roku badań w postaci odczynników chemicznie czystych (ch.cz.): siarczanu miedzi (CuSO₄ bezw.) i siarczanu cynku (ZnSO₄·7H₂O).

Nawożenie przedwegetacyjne (w pierwszym roku) makro- i mikroskładnikami ustalono po uwzględnieniu wyjściowych zawartości składników (mg·dm⁻³) w podłożach, po wapnowaniu (gleba mineralna: N-NH₄ – 16, N-NO₃ – 4, P – 60, K – 75, Ca – 1484, Mg – 45, Na – 16, Cl – 31, S-SO₄ – 9, Fe – 45,8, Mn – 4,1, B – ślady, Mo – ślady oraz

mieszanina gleby mineralnej z torfem wysokim: N-NH₄ – 45, N-NO₃ – ślady, P – 74, K – 68, Ca – 1875, Mg – 102, Na – 21, Cl – 35, S-SO₄ – 21, Fe – 32,32, Mn – 3,98, B – ślady, Mo – ślady), doprowadzając do następujących poziomów (mg·dm⁻³): N – 200, P – 120, K – 250, Mg – 100, Fe – 50, Mn – 20, B – 1,5, Mo – 1,5 (Cu i Zn według schematu doświadczenia). Wszystkie makro- i mikrośladniki zostały wprowadzone w postaci roztworów z użyciem odczynników chemicznie czystych (monofosforan potasu, saletra potasowa, saletra amonowa, saletra magnezowa, siarczan magnezu, siarczan żelaza, siarczan manganawy, molibdenian amonu, boraks). W drugim roku prowadzenia badań zastosowano taki sam układ doświadczenia jak w roku pierwszym. Po ścięciu roślin, w pierwszym roku prowadzenia doświadczenia, pojemniki z zanieczyszczonymi podłożami przechowywano w tunelu nieogrzewanym do następnego roku wegetacyjnego (drugi rok badań). W drugim roku badań w marcu, przed rozpoczęciem wegetacji, pobrano próby podłoża i wykonano analizę chemiczną na zawartość składników pokarmowych. Na jej podstawie opracowano nawożenie składnikami pokarmowymi (doprowadzając zawartości składników pokarmowych do tych samych poziomów, które zastosowano w roku pierwszym prowadzenia doświadczenia). Składniki pokarmowe w podłożach oznaczono metodą uniwersalną (KOZIK i GOLCZ 2011) w roztworze CH₃COOH o stężeniu 0,03 mol·dm⁻³ oraz potencjometrycznie oznaczono pH w wodzie (stosunek podłoża do wody 1:2) i konduktometrycznie EC (mS·cm⁻¹) (stosunek podłoża do wody 1:2) (GOLCZ 2011). Zastosowano następujące techniki oznaczenia składników pokarmowych: N-NH₄ i N-NO₃ – destylacyjnie, P – kolorymetrycznie metodą wanadomolibdenową, K, Ca i Na – metodą fotometrii płomieniowej, Mg – metodą absorpcji atomowej (AAS), Cl i S-SO₄ – metodą nefelometryczną.

W październiku każdego roku badań po zmierzeniu wysokości rośliny zebrano. Zważono świeżą masę roślin oraz pobrano próbki materiału roślinnego do analiz. Zebrany materiał roślinny (cała masa nadziemna) został wysuszony w suszarce wyciągowej w temperaturze 105°C w czasie 48 h. Następnie materiał ten zmielono i w ilości 2,5 g z każdej próby mineralizowano na mokro w mieszaninie stężonego HNO₃ (ultraczysty) i HClO₄ (cz.d.a.) w stosunku 3:1 (BOSIACKI i ROSZYK 2010). Zawartość miedzi i cynku w materiale roślinnym oznaczono metodą absorpcji atomowej (FAAS) na spektrofotometrze AAS-3 firmy Zeiss. Oznaczono również zawartość badanych metali ciężkich w materiale referencyjnym (*Pseudevernia furfuracea*), certyfikowanym przez IRMM (Institute for Reference Materials and Measurements) w Belgii (tab. 1).

Tabela 1. Zawartość metali ciężkich w materiale referencyjnym *Pseudevernia furfuracea* – mineralizacja na mokro (mg·kg⁻¹ s.m.)

Table 1. Content of heavy metals in reference material *Pseudevernia furfuracea* – wet mineralization (mg·kg⁻¹ d.w.)

Metal	Materiał referencyjny – certyfikowana zawartość Reference material – certified content		Zawartość po mineralizacji Content after mineralization (mg·kg ⁻¹)	Odzysk Recovery (%)	Różnica Difference	
	mg·kg ⁻¹	+/-			mg·kg ⁻¹	%
Cu	7,03	0,19	7,17	101,99	+0,14	+1,99
Zn	100,6	2,20	98,35	97,75	-2,25	-2,24

W pierwszym oraz drugim roku badań po zebraniu roślin pobrano próbki podłoża, z których ekstrahowano roztworem Lindseya metale ciężkie (Cu, Zn, Fe i Mn). Następnie oznaczono je metodą absorpcji atomowej (FAAS) na spektrofotometrze AAS-3 firmy Zeiss.

Wyniki pomiarów suchej masy roślin, wysokości oraz zawartości metali ciężkich w podłożach i części nadziemnej roślin miskanta olbrzymiego zostały opracowane statystycznie w programie Statobl – jednozmienna analiza wariancji dla doświadczeń czynnikowych ortogonalnych, różnice między średnimi określono przy poziomie istotności $p = 0,05$.

Indeks stężenia metalu w części nadziemnej miskanta olbrzymiego wyliczono ze wzoru:

$$C = a : b$$

gdzie:

a – zawartość metalu w roślinie rosnącej w zanieczyszczonym podłożu,

b – zawartość metalu w roślinie rosnącej w niezanieczyszczonym podłożu.

Wyniki i dyskusja

Miskant olbrzymi (*Miscanthus × giganteus*) należący do rodzaju *Miscanthus*, nazywany także trawą słoniową, trzciną chińską, jest rośliną wieloletnią o cyklu fotosyntezy C_4 (GREFF i IN. 1997). To gatunek triploidalny należący do rodziny Poaceae. Jest mieszańcem międzygatunkowym diploidalnego gatunku miskanta chińskiego [*Miscanthus sinensis* (Thunb.) Anderss.] i tetraploidalnego miskanta cukrowego [*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Benth] (JEZOWSKI 1998, 1999, GŁOWACKA i IN. 2004). Miskant olbrzymi cechuje się odpornością na suszę i upały. Jak podają JONES i WALSH (2001), na jednym stanowisku można go uprawiać od 10 do 15 lat, natomiast JEZOWSKI i IN. (2009) twierdzą, że 15-20 lat. Gatunek ten osiąga wysokości 3-4 m (KOŁOWCA i IN. 2009), a rocznie z 1 ha uprawy można uzyskać 20-35 t suchej masy (PYTER i IN. 2009).

KABAŁA i IN. (2010), badając przydatność roślin energetycznych do rekultywacji i zagospodarowania gleb zdegradowanych, stwierdzili, że miskant charakteryzuje się mniejszą tolerancją na silne stężenia metali ciężkich niż wierzba wiciowa. Ci sami autorzy twierdzą również, że należy dalej testować fitoremediacyjne zdolności poszczególnych odmian miskanta.

W badaniach przeprowadzonych w pierwszym roku wzrostu *Miscanthus × giganteus* rosnącego w glebie mineralnej zastosowane dawki miedzi wpłynęły istotnie na uzyskanie mniejszej suchej masy części nadziemnej roślin w porównaniu z roślinami rosnącymi w glebie, do której nie wprowadzono tego metalu (tab. 2), natomiast mniejszą suchą masę roślin rosnących w mieszaninie gleby z torfem stwierdzono jedynie w podłożu zanieczyszczonym Cu w ilości $500 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Istotnych różnic w uzyskanej suchej masie *Miscanthus × giganteus* w pierwszym roku wzrostu nie stwierdzono u roślin

Tabela 2. Sucha masa części nadziemnej z jednej rośliny *Miscanthus × giganteus* w pierwszym roku wzrostu (g)Table 2. Dry weight of aboveground part of one plant of *Miscanthus × giganteus* in the first year of growth (g)

Metal	Dawka metalu Dose of metal (mg·dm ⁻³)	Podłoże – Substrate							
		gleba mineralna mineral soil				gleba mineralna + torf wysoki mineral soil + highmoor peat			
		zakres range	rozstęp, R range, R	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean	zakres range	rozstęp, R range, R	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean
Cu	Kontrola Control	69-89	20	7,0	77,0 d	125-175	50	16,5	148,8 f
	80	51-66	15	5,3	61,2 c	138-171	33	11,7	148,8 f
	100	41-72	31	10,3	59,0 c	142-158	16	6,5	150,8 f
	500	18-61	43	18,2	41,8 b	7-21	14	7,2	13,8 a
Średnia – Mean		59,7 a				115,6 c			
Zn	Kontrola Control	69-89	20	7,0	77,0 d	125-175	50	16,5	148,8 f
	300	69-89	20	7,2	78,0 d	125-175	50	17,0	151,0 f
	1 000	41-60	19	7,6	52,8 bc	82-119	37	12,3	101,5 e
	3 000	8-14	6	2,1	11,5 a	8-17	9	3,0	12,0 a
Średnia – Mean		54,9 a				103,3 b			
Średnia dla podłoża Mean for substrate		57,3 a				109,5 b			

Grupy jednorodne wyznaczone z użyciem testu Duncana, $p < 0,05$ (wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie).

Homogeneous groups were identified with Duncan's test, $p < 0.05$ (values denoted with identical letters do not differ significantly).

rosnących w glebie, do której wprowadzono Zn w ilości 300 mg·dm⁻³. Najmniejszą suchą masę roślin uzyskano w glebie zanieczyszczonej Zn w ilości 3000 mg·dm⁻³. Podobną zależność w pierwszym roku wzrostu stwierdzono u roślin rosnących w mieszaninie gleby z torfem. Z porównania średniej suchej masy części nadziemnej *Miscanthus × giganteus*, niezależnie od zastosowanych dawek metali, wynika, iż większą masę uzyskano w mieszaninie gleby mineralnej z torfem wysokim.

Wzrastające dawki miedzi nie wpłynęły istotnie na wysokość roślin rosnących w glebie w pierwszym i drugim roku wzrostu (tab. 3, 5). W glebie mineralnej z torfem wysokim obniżenie wysokości roślin stwierdzono od dawki Cu 100 mg·dm⁻³. Najmniejsze rośliny stwierdzono przy największej dawce tego metalu, wprowadzonej do tego

Bosiacki M., 2013. Ocena przydatności miskanta olbrzymiego (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu.) do fitoekstrakcji miedzi i cynku z gleb. Nauka Przyr. Technol. 7, 3, #39.

Tabela 3. Wysokość roślin w pierwszym roku wzrostu (cm)
Table 3. Height of plants in the first year of growth (cm)

Metal	Dawka metalu Dose of metal (mg·dm ⁻³)	Podłoże – Substrate							
		gleba mineralna mineral soil				gleba mineralna + torf wysoki mineral soil + highmoor peat			
		zakres range	rozstęp, R range, R	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean	zakres range	rozstęp, R range, R	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean
Cu	Kontrola Control	44-48	4	1,4	45,7 d	60-66	6	2,3	63,2 f
	80	36-50	14	4,7	41,5 cd	53-73	20	8,3	62,5 f
	100	39-42	3	1,0	40,7 cd	69-76	7	2,4	71,5 g
	500	38-50	12	4,3	42,3 cd	30-32	2	1,3	31,0 b
Średnia – Mean		42,5 b				57,0 d			
Zn	Kontrola Control	44-48	4	1,4	45,7 d	60-66	6	2,3	63,2 f
	300	43-48	5	1,8	45,0 cd	60-66	6	2,6	63,7 f
	1 000	33-45	12	4,2	39,8 c	49-76	27	9,7	56,7 e
	3 000	11-28	17	6,0	19,5 a	19-31	12	5,0	23,5 a
Średnia – Mean		37,5 a				51,7 c			
Średnia dla podłoża Mean for substrate		40,0 a				54,4 b			

Grupy jednorodnie wyznaczone z użyciem testu Duncana, $p < 0,05$ (wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie).

Homogeneous groups were identified with Duncan's test, $p < 0.05$ (values denoted with identical letters do not differ significantly).

podłoża. W podłożu tym w drugim roku wzrostu nie stwierdzono istotnych różnic w wysokości roślin (tab. 5).

Dawka cynku w ilości 300 mg·dm⁻³ nie wpłynęła istotnie na wysokość roślin rosnących w glebie mineralnej i glebie z torfem w pierwszym roku wzrostu (tab. 3). W drugim roku wzrostu dawki Zn 300 i 1000 mg·dm⁻³ nie wpłynęły istotnie na wysokość roślin (tab. 5). Najniższe rośliny uzyskano przy największej dawce tego metalu, zarówno w pierwszym, jak i w drugim roku wzrostu. Porównując średnią wysokość *Miscanthus × giganteus*, niezależnie od zastosowanych dawek metali, widać, iż wyższe rośliny wyrosły w mieszaninie gleby mineralnej z torfem wysokim (tab. 3, 5).

W drugim roku wzrostu miskanta rosnącego w glebie mineralnej największą suchą masę stwierdzono przy dawce Cu wynoszącej 100 mg·dm⁻³ (tab. 4). W mieszaninie gleby mineralnej z torfem największą suchą masę miskanta uzyskano w podłożu, do którego nie

Tabela 4. Sucha masa części nadziemnej z jednej rośliny *Miscanthus × giganteus* w drugim roku wzrostu (g)Table 4. Dry weight of aboveground part of one plant of *Miscanthus × giganteus* in the second year of growth (g)

Metal	Dawka metalu Dose of metal (mg·dm ⁻³)	Podłoże – Substrate							
		gleba mineralna mineral soil				gleba mineralna + torf wysoki mineral soil + highmoor peat			
		zakres range	rozstęp, R range, R	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean	zakres range	rozstęp, R range, R	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean
Cu	Kontrola Control	50-92	42	15,5	80,5 b	122-180	58	19,2	149,3 h
	80	72-107	35	12,8	96,8 bcd	118-163	45	16,0	136,7 gh
	100	87-112	25	9,7	103,7 c-f	86-150	64	26,9	125,7 fg
	500	59-123	64	25,1	88,3 bc	64-140	76	26,3	100,7 b-e
Średnia – Mean		92,3 bc				128,1 e			
Zn	Kontrola Control	50-92	42	15,5	80,5 b	122-180	58	19,2	149,3 h
	300	89-145	56	19,3	112,2 def	112-124	12	4,5	119,0 efg
	1 000	100-141	41	13,3	122,5 efg	107-143	36	16,2	121,8 efg
	3 000	8-32	24	9,5	20,0 a	6-27	21	6,9	14,5 a
Średnia – Mean		83,8 b				101,2 cd			
Średnia dla podłoża Mean for substrate		88,5 a				120,9 b			

Grupy jednorodnie wyznaczone z użyciem testu Duncana, $p < 0,05$ (wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie).

Homogeneous groups were identified with Duncan's test, $p < 0.05$ (values denoted with identical letters do not differ significantly).

wprowadzono miedzi. Dawki cynku 300 oraz 1000 mg·dm⁻³ gleby mineralnej wpłynęły na uzyskanie większej suchej masy w porównaniu z masą roślin rosnących w glebie, do której nie wprowadzono tego metalu. W mieszaninie gleby mineralnej z torfem największą suchą masę miskanta stwierdzono w podłożu, do którego nie wprowadzono cynku. Najmniejszą suchą masę roślin w drugim roku wzrostu uzyskano w glebie mineralnej oraz w jej mieszaninie z torfem zanieczyszczonym Zn w ilości 3000 mg·dm⁻³. Po porównaniu średniej suchej biomasy części nadziemnej miskanta w drugim roku wzrostu okazało się, że niezależnie od zastosowanych dawek metali więcej jej uzyskano w mieszaninie gleby mineralnej z torfem wysokim (tab. 4).

Bosiacki M., 2013. Ocena przydatności miskanta olbrzymiego (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu.) do fitoekstrakcji miedzi i cynku z gleb. Nauka Przyr. Technol. 7, 3, #39.

Tabela 5. Wysokość roślin w drugim roku wzrostu (cm)
Table 5. Height of plants in the second year of growth (cm)

Metal	Dawka metalu Dose of metal (mg·dm ⁻³)	Podłoże – Substrate							
		gleba mineralna mineral soil				gleba mineralna + torf wysoki mineral soil + highmoor peat			
		zakres range	rozstęp, R range, R	odchyle- nie stan- dardowe standard deviation	średnia mean	zakres range	rozstęp, R range, R	odchyle- nie stan- dardowe standard deviation	średnia mean
Cu	Kontrola Control	51-68	17	6,8	59,8 b*	67-90	23	7,7	76,5 cde
	80	47-74	27	10,6	61,8 bc	58-90	32	13,1	72,8 bcd
	100	61-79	18	6,6	69,3 bcd	50-87	37	12,3	69,8 bcd
	500	50-73	23	8,8	65,5 bcd	54-93	39	14,4	73,8 bcd
Średnia – Mean		64,1 b				73,2 c			
Zn	Kontrola Control	51-68	17	6,8	59,8 b	67-90	23	7,7	76,5 cde
	300	50-88	38	14,4	72,5 bcd	54-102	48	19,8	80,0 de
	1 000	48-76	28	10,2	67,5 bcd	62-105	43	14,7	90,2 e
	3 000	20-49	29	10,6	27,8 a	21-70	49	16,7	39,5 a
Średnia – Mean		56,9 a				71,5 c			
Średnia dla podłoża Mean for substrate		60,5 a				72,4 b			

Grupy jednorodnie wyznaczone z użyciem testu Duncana, $p < 0,05$ (wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie).

Homogeneous groups were identified with Duncan's test, $p < 0.05$ (values denoted with identical letters do not differ significantly).

Wzrastające dawki miedzi i cynku wprowadzane do badanych podłoży spowodowały istotny wzrost zawartości tych metali w części nadziemnej *Miscanthus × giganteus* (tab. 6, 7). U roślin uprawianych w glebie mineralnej zanieczyszczonej miedzią i cynkiem większą zawartość tych metali w części nadziemnej stwierdzono w drugim roku wzrostu. Większą zawartość miedzi w biomacie *Miscanthus × giganteus* w drugim roku wzrostu stwierdzono jedynie przy dawce 100 i 500 mg·dm⁻³, natomiast cynku – przy wszystkich zastosowanych dawkach. W słomie miskanta w drugim roku wzrostu KRZYWY I IN. (2004) stwierdzili większą zawartość miedzi i cynku. W trzecim roku wzrostu tego gatunku mniejszą zawartość cynku i ołowiu oraz większą zawartość kadmu i niklu stwierdziła IŻEWSKA (2006).

W przeprowadzonych badaniach rośliny rosnące w glebie mineralnej charakteryzowały się większą zawartością miedzi niż rośliny rosnące w mieszaninie gleby z torfem (tab. 6).

Tabela 6. Zawartość miedzi w części nadziemnej *Miscanthus × giganteus* rosnącego w podłożach zanieczyszczonych tym pierwiastkiem (mg·kg⁻¹ s.m.)Table 6. Contents of copper in the aboveground part of *Miscanthus × giganteus* growing in substrates polluted with this element (mg·kg⁻¹ d.w.)

Dawka metalu Dose of metal (mg·dm ⁻³)	Rok uprawy – Year of culture							
	pierwszy – first				drugi – second			
	zakres range	rozstęp, R range, R	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean	zakres range	rozstęp, R range, R	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean
Gleba mineralna – Mineral soil								
Kontrola Control	9,51-11,34	1,83	0,70	10,51 b	10,54-12,82	2,28	0,95	11,63 b
80	18,40-21,42	3,02	1,12	20,38 de	18,49-29,07	10,58	4,61	25,24 fg
100	21,56-32,54	10,95	3,93	28,15 g	33,45-39,08	5,63	1,82	36,64 h
500	98,34-125,55	27,21	9,71	114,37 k	132,89-140,31	7,42	2,91	137,25 l
Gleba mineralna + torf wysoki – Mineral soil + highmoor peat								
Kontrola Control	6,43-9,60	3,17	1,33	8,36 a	8,17-9,78	1,61	0,57	8,80 a
80	11,66-16,77	5,11	2,14	13,10 bc	15,04-18,70	3,66	1,41	16,29 cd
100	21,44-22,13	0,69	0,61	22,01 ef	25,67-28,29	2,62	0,92	26,80 g
500	78,56-92,28	13,72	4,97	86,99 i	89,99-101,89	11,9	4,84	97,71 j

Grupy jednorodne wyznaczono z użyciem testu Duncana, $p < 0,05$ (wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie).

Homogeneous groups were identified with Duncan's test, $p < 0.05$ (values denoted with identical letters do not differ significantly).

We wszystkich kombinacjach, z wyjątkiem roślin rosnących w podłożach zanieczyszczonych cynkiem w ilości 300 mg·dm⁻³, stwierdzono tę samą zależność (tab. 7). Indeks stężenia miedzi i cynku w części nadziemnej *Miscanthus × giganteus* nie jest znaczący (tab. 8). Przy największych stężeniach metali wprowadzonych do badanych podłoży indeks stężenia dla miedzi wynosił od 10,40 do 11,80, natomiast dla cynku – od 13,28 do 19,11.

KALEMBASA (2006), badając skład chemiczny popiołu *Miscanthus sinensis* Thumb., stwierdził, że zawartość poszczególnych metali ciężkich układa się w następujących szeregach: Zn > Cd > Pb > Ni > Cu > Cr.

Zawartość metali ciężkich w słomie miskanta uprawianego na niezanieczyszczonych glebach jest mniejsza w porównaniu z ich zawartością w drewnie wierzby wiciowej (KALEMBASA i MALINOWSKA 2009 a). KABAŁA i IN. (2010) na glebach średnio i silnie zanieczyszczonych metalami ciężkimi zalecają uprawę wybranych klonów wierzby wiciowej. Ci sami autorzy uważają, że na glebach słabo zanieczyszczonych metalami

Bosiacki M., 2013. Ocena przydatności miskanta olbrzymiego (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu.) do fitoekstrakcji miedzi i cynku z gleb. Nauka Przyr. Technol. 7, 3, #39.

Tabela 7. Zawartość cynku w części nadziemnej *Miscanthus × giganteus* rosnącego w podłożach zanieczyszczonych tym pierwiastkiem ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)

Table 7. Contents of zinc in the aboveground part of *Miscanthus × giganteus* growing in substrates polluted with this element ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w.)

Dawka metalu Dose of metal ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)	Rok uprawy – Year of culture							
	pierwszy – first				drugi – second			
	zakres range	rozstęp, R range, R	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean	zakres range	rozstęp, R range, R	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean
Gleba mineralna – Mineral soil								
Kontrola Control	15,98-35,38	19,40	6,73	23,85 a	17,73-38,34	20,61	7,94	29,16 a
300	58,13-68,19	10,06	3,34	63,41 b	81,68-98,23	16,55	6,33	91,58 c
1 000	217,60-251,23	33,63	14,77	233,83 f	240,60-278,13	37,53	13,25	258,08 g
3 000	444,53-463,66	19,13	7,36	455,71 j	443,27-501,34	58,07	22,14	472,65 k
Gleba mineralna + torf wysoki – Mineral soil + highmoor peat								
Kontrola Control	21,43-25,17	3,74	1,59	23,33 a	20,19-32,31	12,12	4,49	26,93 a
300	59,06-70,37	11,31	3,48	65,14 b	86,22-101,23	15,01	5,94	92,54 c
1 000	152,76-178,88	26,12	11,42	167,62 d	181,68-199,99	18,31	6,84	191,87 e
3 000	300,83-358,02	57,19	22,61	326,13 h	318,51-373,21	54,7	20,63	357,62 i

Grupy jednorodnie wyznaczono z użyciem testu Duncana, $p < 0,05$ (wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie).

Homogeneous groups were identified with Duncan's test, $p < 0.05$ (values denoted with identical letters do not differ significantly).

ciężkimi możliwa jest uprawa miskanta pod warunkiem zapewnienia odpowiedniej zasobności w składniki pokarmowe i wodę.

KALEMBASA i MALINOWSKA (2009 b) twierdzą, że nawożenie (NPK) oraz termin zbioru wpływają na zawartość takich metali ciężkich, jak kadm, ołów i nikiel w biomacie *Miscanthus*. SALLA i IN. (2011), badając inną trawę ozdobną – *Spartina alterniflora*, stwierdzili, że ma ona potencjał w zakresie fitoremediacji metali ciężkich z gleby. Wartość progowa dla zjawiska hiperakumulacji miedzi wynosi $1000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ suchej masy, dla cynku – $10\,000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (BAKER i IN. 2000, MCGRATH i ZHAO 2003). W przeprowadzonych badaniach stwierdzono, że *Miscanthus × giganteus* nie jest hiperakumulatorem tych metali.

Średnia zawartość miedzi w glebach Polski wynosi $6,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, przy zakresie od 0,2 do $725 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, natomiast cynku – $33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, przy dużym zakresie: od 0,5 do $5754 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (TERELAK i STUCZYŃSKI 1997). Przyjęta granica dopuszczalnej zawartości miedzi w glebach wynosi $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, natomiast cynku – $250\text{-}300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ i jest ona

Tabela 8. Indeksy stężenia metali w części nadziemnej *Miscanthus × giganteus*
 Table 8. Metal concentration indexes in the aboveground part of *Miscanthus × giganteus*

Metal	Dawka metalu Dose of metal (mg·dm ⁻³)	Podłoże – Substrate			
		gleba mineralna mineral soil		gleba mineralna + torf wysoki mineral soil + highmoor peat	
		pierwszy rok wzrostu the first year of growth	drugi rok wzrostu the second year of growth	pierwszy rok wzrostu the first year of growth	drugi rok wzrostu the second year of growth
Cu	80	1,94	2,17	1,57	1,85
	100	2,68	3,15	2,63	3,04
	500	10,88	11,80	10,40	11,10
Zn	300	2,66	3,14	2,79	3,44
	1 000	9,80	8,85	7,18	7,12
	3 000	19,11	16,21	13,98	13,28

w niektórych glebach zanieczyszczonych przekraczana wielokrotnie (KABATA-PENDIAS i PENDIAS 1999). W przeprowadzonych badaniach największa dawka metali (Cu – 500 mg·dm⁻³ i Zn – 3000 mg·dm⁻³) występuje w glebach silnie zanieczyszczonych. Zarówno w glebie, jak i w mieszaninie gleby z torfem mniejszą zawartość badanych metali stwierdzono po drugim roku uprawy (tab. 9, 10). W podłożu stanowiącym mieszaninę gleby z torfem stwierdzono mniejszą zawartość miedzi i cynku w porównaniu z zawartością stwierdzoną w glebie mineralnej, we wszystkich kombinacjach badawczych.

Tabela 9. Zawartość miedzi (ekstrahowanej roztworem Lindsey'a) w podłożach po zakończeniu wzrostu roślin w pierwszym i drugim roku badań (mg·dm⁻³)

Table 9. Contents of copper (extracted with Lindsey solution) in substrates after the completion of plant growth in the first and the second year of analyses (mg·dm⁻³)

Rodzaj zanieczyszczenia Type of pollution	Podłoże Substrate	Rok wzrostu Year of growth	
		pierwszy first	drugi second
1	2	3	4
Kontrola (zawartość wyjściowa) Control (native content) (mg·dm ⁻³)	Gleba mineralna Mineral soil	13,29 d	5,80 b
	Gleba + torf Soil + peat	7,43 c	3,54 a

Bosiacki M., 2013. Ocena przydatności miskanta olbrzymiego (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu.) do fitoekstrakcji miedzi i cynku z gleb. Nauka Przyr. Technol. 7, 3, #39.

Tabela 9 – cd. / Table 9 – cont.

1	2	3	4
Słabe zanieczyszczenie Weak pollution (80 mg·dm ⁻³)	Gleba mineralna Mineral soil	90,17 d	53,06 c
	Gleba + torf Soil + peat	33,63 b	13,98 a
Średnie zanieczyszczenie Medium pollution (100 mg·dm ⁻³)	Gleba mineralna Mineral soil	102,56 d	52,50 b
	Gleba + torf Soil + peat	69,49 c	33,46 a
Silne zanieczyszczenie Strong pollution (500 mg·dm ⁻³)	Gleba mineralna Mineral soil	209,14 d	167,92 b
	Gleba + torf Soil + peat	180,10 c	152,56 a

Grupy jednorodnie wyznaczone z użyciem testu Duncana, $p < 0,05$ (wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie).

Homogeneous groups were identified with Duncan's test, $p < 0.05$ (values denoted with identical letters do not differ significantly).

Tabela 10. Zawartość cynku (ekstrahowanego roztworem Lindsey'ego) w podłożach po zakończeniu wzrostu roślin w pierwszym i drugim roku badań (mg·dm⁻³)

Table 10. Contents of zinc (extracted with Lindsey solution) in substrates after the completion of plant growth in the first and second years of analyses (mg·dm⁻³)

Rodzaj zanieczyszczenia Type of pollution	Podłoże Substrate	Rok wzrostu Year of growth	
		pierwszy first	drugi second
1	2	3	4
Kontrola (zawartość wyjściowa) Control (native content) (mg·dm ⁻³)	Gleba mineralna Mineral soil	18,39 c	10,49 b
	Gleba + torf Soil + peat	11,94 b	7,28 a
Słabe zanieczyszczenie Weak pollution (300 mg·dm ⁻³)	Gleba mineralna Mineral soil	98,21 d	90,80 c
	Gleba + torf Soil + peat	78,16 b	70,07 a
Średnie zanieczyszczenie Medium pollution (1000 mg·dm ⁻³)	Gleba mineralna Mineral soil	573,78 c	556,55 c
	Gleba + torf Soil + peat	308,66 b	209,61 a

Tabela 10 – cd. / Table 10 – cont.

1	2	3	4
Silne zanieczyszczenie Strong pollution (3000 mg·dm ⁻³)	Gleba mineralna Mineral soil	2 287,60 c	1 827,64 b
	Gleba + torf Soil + peat	1 883,45 b	1 660,97 a

Grupy jednorodne wyznaczono z użyciem testu Duncana, $p < 0,05$ (wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie).

Homogeneous groups were identified with Duncan's test, $p < 0.05$ (values denoted with identical letters do not differ significantly).

Wnioski

1. *Miscanthus × giganteus* nie jest hiperakumulatorem miedzi ani cynku.
2. *Miscanthus × giganteus* może być stosowany do fitoekstrakcji miedzi i cynku z gleb zanieczyszczonych, jednak oceniając jego potencjał w tym zakresie stwierdzono, że nie jest on znaczący.
3. Wzrastające dawki miedzi i cynku wpłynęły na suchą masę części nadziemnych *Miscanthus × giganteus* w pierwszym i drugim roku wzrostu.

Literatura

- BAKER A.J.M., McGRATH S.P., REEVES R.D., SMITH J.A.C., 2000. Metal hyperaccumulator plants: a review of the ecology and physiology of a biochemical resource for phytoremediation of metal-polluted soils. W: Phytoremediation of contaminated soil and water. Red. N. Terry, G. Banuelos. CRC Press, Boca Raton, FL, USA: 85-107.
- BARABASZ A., WOJAS S., DYBEK E., ANTOSIEWICZ D.M., 2008. Przydatność roślin zmodyfikowanych genetycznie dla celów fitoekstrakcji i fitoewaporacji. Biotechnologia 81, 2: 68-83.
- BAUMAN A., 1885. Das Verhalten von Zinksalzen gegen Pflanzen und im Boden. Landwirtschaft. Vers. 31: 1-53.
- BOSIACKI M., ROSZYK J., 2010. Porównanie metod mineralizacji materiału roślinnego na zawartość metali ciężkich. Apar. Bad. Dydak. 4: 37-41.
- BOSIACKI M., WOJCIECHOWSKA E., 2012. Phytoextraction of nickel by selected ornamental plants. Ecol. Chem. Eng. S 19, 3: 331-345.
- BOSIACKI M., ZIELEZIŃSKI L., 2011. Phytoextraction of nickel by selected species of lawn grasses from substrates contaminated with heavy metals. Acta Sci. Pol. Hortor. Cult. 10, 3: 155-173.
- GŁOWACKA K., ZENKTELER M., JEZOWSKI S., 2004. Mikrorozmnażanie *Miscanthus × giganteus* (Greef i Deu.) z eksplantatów kwiatowych. Biotechnologia 65, 2: 251-259.
- GOLCZ A., 2011. Soil salinity and acidity. W: Research methods in plant sciences. Vol. 3. Soil sickness. Red. S.S. Narwal, B. Politycka, W. Fengzhi, D.A. Sampietro. Studium Press, Houston, USA: 43-53.
- GOLCZ A., BOSIACKI M., 2011. Soil organic matter. W: Research methods in plant sciences. Vol. 3. Soil sickness. Red. S.S. Narwal, B. Politycka, W. Fengzhi, D.A. Sampietro. Studium Press, Houston, USA: 68-78.

Bosiacki M., 2013. Ocena przydatności miskanta olbrzymiego (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu.) do fitoekstrakcji miedzi i cynku z gleb. Nauka Przyr. Technol. 7, 3, #39.

- GREFF J., DEUTER M., JUNG C., SCHONDELMAIER J., 1997. Genetic diversity of European *Miscanthus* species revealed by AFLP fingerprinting. Genet. Resour. Crop Evol. 44: 185-195.
- IŻEWSKA A., 2006. Zawartość metali ciężkich w *Miscanthus sacchariflorus* jako wskaźnik użyteczności osadów ściekowych i kompostów z osadów. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 512: 165-171.
- JEŻOWSKI S., 1998. Szanse i problem hodowli traw z rodzaju *Miscanthus* jako roślin alternatywnych. Hod. Rośl. Nasienn. H2: 45-48.
- JEŻOWSKI S., 1999. Miskant chiński (*Miscanthus sinensis* (Thunb.) Andersson)-źródło odnawialnych i ekologicznych surowców dla Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 468: 159-166.
- JEŻOWSKI S., GŁOWACKA K., KACZMAREK Z., 2009. Wstępna ocena głównych parametrów wymiany gazowej związanych z fotosyntezą w odniesieniu do plonowania traw energetycznych z rodzaju *Miscanthus* w pierwszym roku uprawy. Acta Agrophys. 14, 1: 73-81.
- JONES M.B., WALSH M., 2001. *Miscanthus* for energy and fibre. James and James, London.
- KABAŁA C., KARCZEWSKA A., KOZAK M., 2010. Przydatność roślin energetycznych do rekultywacji i zagospodarowania gleb zdegradowanych. Zesz. Nauk. UP Wroc. 576, Roln. 96: 97-118.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- KALEMBASA D., 2006. Ilość i skład chemiczny popiołu z biomasy roślin energetycznych. Acta Agrophys. 7, 4: 909-914.
- KALEMBASA D., MALINOWSKA E., 2009 a. Działanie następcze osadu ściekowego zastosowanego do gleby w doświadczeniu wazonowym na zawartość metali ciężkich w trawie *Miscanthus sacchariflorus*. Acta Agrophys. 13, 2: 377-384.
- KALEMBASA D., MALINOWSKA E., 2009 b. The field and content of trace elements in biomass of *Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack. and in soil in the third year of a pot experiment. J. Elem. 14, 4: 685-691.
- KOŁOWCA J., WRÓBEL M., BARAN B., 2009. Model mechaniczny źdźbła trawy *Miscanthus × giganteus*. Inż. Roln. 115, 6: 149-154.
- KOZIK E., GOLCZ A., 2011. Plant nutrients. W: Research methods in plant sciences. Vol. 3. Soil sickness. Red. S.S. Narwal, B. Politycka, W. Fengzhi, D.A. Sampietro. Studium Press, Houston, USA: 21-41.
- KRZYWY E., IŻEWSKA A., WOŁOSZYK C., 2004. Bezpośredni i następczy efekt osadów ze ścieków komunalnych oraz kompostów z osadów na plon i zawartość mikroelementów w słomie *Miscanthus sacchariflorus*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 502: 865-875.
- LASAT M., 2000. Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. J. Hazard. Subst. Res. 2: 5-25.
- MCGRATH S.P., ZHAO F.J., 2003. Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. Curr. Opin. Biotechnol. 14: 277-282.
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., 2010. Geneza, analiza, klasyfikacja gleb. Wyd. UP, Poznań.
- PYTER R., HEATON E., DOHLEMAN F., VOIGT T., LONG S., 2009. Agronomic experiences with *Miscanthus × giganteus* in Illinois, USA. W: Biofuels: methods and protocols. Red. J.R. Mielenz. Methods Mol. Biol. 581: 41-52.
- SALLA V., HARDAWAY C.J., SNEDDON J., 2011. Preliminary investigation of *Spartina alterniflora* for phytoextraction of selected heavy metals in soils from Southwest Louisiana. Microchem. J. 97, 2: 207-212.
- SALT D.E., BLAYLOCK M., KUMAR N.P.B.A., DUSHENKOV V., ENSLEY B.D., CHET I., RASKIN I., 1995. Phytoremediation a novel strategy for the removal of toxic metal from the environment using plants. Biotechnology 13: 468-474.
- SALT D.E., SMITH R.D., RASKIN I., 1998. Phytoremediation. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49: 643-649.
- SCHONOR J.L., 2002. Phytoremediation of soil and groundwater. Technol. Eval. Rep. GWRTAC Ser. E TE-02-01. [http://www.gwrtac.org/pdf/phyto_e_2002.pdf].

Bosiacki M., 2013. Ocena przydatności miskanta olbrzymiego (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu.) do fitoekstrakcji miedzi i cynku z gleb. *Nauka Przyr. Technol.* 7, 3, #39.

TERELAK H., STUCZYŃSKI M., 1997. Heavy metals in agricultural soils in Poland. *Pol. J. Soil Sci.* 30, 2: 35-42.

VANGRONSVELD J., HERZIG R., WEYENS N., BOULET J., ADRIAENSEN K., RUTTENS A., THEWYS T., VASSILEV A., MEERS E., NEHNEVAJOVA E., VAN DER LELIE D., MENCH M., 2009. Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 16: 765-794.

WENZEL W.W., UNTERBRUNER R., SOMMER P., SACCO P., 2003. Chelate-assisted phytoextraction using canola (*Brassica napus* L.) in outdoors pot and lysimeter experiments. *Plant Soil* 249: 83-96.

EVALUATION OF SUITABILITY OF GIANT MISCANTHUS (*MISCANTHUS × GIGANTEUS* GREEF ET DEU.) IN PHYTOEXTRACTION OF COPPER AND ZINC FROM SOIL

Summary. The main objective of this study was to determine the suitability of *Miscanthus × giganteus* to phytoextraction of copper and zinc from soil, as well as evaluation of the tolerance of this species to the increasing concentration of the metals. Potential for phytoextraction of *Miscanthus × giganteus* had been studied for two years, pot experiment in the plastic greenhouse when they grown in mineral soil (which was slightly loamy sand) and soil with raised peat substrate with four levels of copper and zinc: control (native Cu and Zn content), Cu – 80 mg·dm⁻³, Zn – 300 mg·dm⁻³ – weak pollution, Cu – 100 mg·dm⁻³, Zn – 1000 mg·dm⁻³ – medium pollution, Cu – 500 mg·dm⁻³, Zn – 3000 mg·dm⁻³ – strong pollution. Assessing their potential for copper and zinc phytoextraction from the soil, it was found that it is not significant. No hyperaccumulation of heavy metals in the aboveground biomass was found in this study.

Key words: phytoremediation, metal concentration index, copper and zinc contamination, ornamental plants

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Maciej Bosiacki, Katedra Żywnienia Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Zgorzelecka 4, 60-198 Poznań, Poland, e-mail: mbos@up.poznan.pl

Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:

12.06.2013

Do cytowania – For citation:

Bosiacki M., 2013. Ocena przydatności miskanta olbrzymiego (*Miscanthus × giganteus* Greef et Deu.) do fitoekstrakcji miedzi i cynku z gleb. *Nauka Przyr. Technol.* 7, 3, #39.