

WPLYW WAPNOWANIA ORAZ STOSOWANIA MATERIAŁÓW ORGANICZNYCH
NA ZAWARTOŚĆ MIEDZI I CYNKU W KUPKÓWCE POSPOLITEJ
(*DACTYLIS GLOMERATA* L.) UPRAWIANEJ NA GLEBIE
ZANIECZYSZCZONEJ NIKLEM*

Beata Kuziemska, Stanisław Kalembasa, Dorota Kalembasa

Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolnej, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: bak.kuz@interia.pl

Streszczenie. W doświadczeniu wazonowym badano wpływ wapnowania i stosowania materiałów organicznych – słomy i węgla brunatnego na zawartość miedzi oraz cynku w kupkówce pospolitej (*Dactylis glomerata* L.) uprawianej na glebie w różnym stopniu zanieczyszczonej niklem. Analizowano rośliny czterech pokosów trawy zebrane w trzecim roku doświadczenia. Wapnowanie powodowało istotne zmniejszenie zawartości miedzi w roślinie testowej, nie różnicując jednoznacznie zawartości cynku. W przeprowadzonych badaniach nie wykazano istotnego wpływu zróżnicowanej ilości niklu w glebie na zawartość cynku w kupkówce pospolitej, natomiast wraz ze wzrostem stopnia zanieczyszczenia gleby niklem, zawartość miedzi w trawie uległa zmniejszeniu, co świadczyć może o antagonizmie obu mikroelementów.

Słowa kluczowe: nikiel, miedź, cynk, węgiel brunatny, słoma, wapnowanie, kupkówka pospolita

WSTĘP

Postępujący proces urbanizacji oraz chemizacja środowiska są odpowiedzialne za zwiększoną emisję do atmosfery różnego rodzaju zanieczyszczeń, które opadając na powierzchnię gleby, powodują jej skażenie (Kabata-Pendias i Piotrowska 1987). Duże zagrożenie stwarza zanieczyszczenie metalami ciężkimi gleb, z których mogą one być pobierane przez rośliny i trafiać drogą pokarmową do organizmów ludzi i zwierząt. Do tego typu zanieczyszczeń należy między innymi nikiel, którego ilość w środowisku, ze względu na wszechstronność zastosowania (w przemyśle chemicznym, metalurgicznym, medycynie), systematycznie wzrasta (Domańska 2009,

* Praca współfinansowana z projektu NCN NN 310 152 135

Molas 2010, Kuziemska i Kalembasa 2010). Jest on pierwiastkiem o dużej mobilności w środowisku przyrodniczym, a układ gleba – roślina odgrywa istotną rolę w jego obiegu w ekosystemach. W śladowych ilościach nikiel jest pierwiastkiem niezbędnym, ponieważ bierze udział w przebiegu procesów metabolicznych roślin wyższych, aktywuje niespecyficznie niektóre enzymy cyklu cytrynianowego i jest stymulatorem wielu etapów metabolizmu azotanowego (Dickson i in. 1975). Jego najważniejsza funkcja fizjologiczna związana jest z reakcją hydrolitycznego rozkładu mocznika. Reakcja ta zachodzi przy udziale enzymu ureaza, którego aktywne centrum stanowi nikiel (Dickson i in. 1975, Molas 2010). Pobrany przez rośliny w nadmiarze zaburza ich morfogenezę, ogranicza wzrost, zmniejsza plon oraz wpływa niekorzystnie na skład chemiczny roślin, zakłócając między innymi pobieranie żelaza, cynku, manganu i miedzi (Molas 2010, Khalid i Tinsley 1980). Reakcja roślin na toksyczne działanie niklu zależy od gatunku a nawet odmiany oraz formy chemicznej, w jakiej występuje on w glebie, wartości pH gleby oraz zawartości materii organicznej (Kabata-Pendias i Pendias 1999, Rogóż 2002). Jego fitotoksyczność można ograniczyć, stosując zabieg wapnowania, jak też wprowadzając do gleby materiały organiczne.

Celem pracy była ocena wpływu wapnowania oraz dodatku do gleby materiałów organicznych (słomy i węgla brunatnego) na zawartość miedzi i cynku w kupkówce pospolitej (*Dactylis glomerata* L.) uprawianej na glebie w różnym stopniu zanieczyszczonej niklem, w trzecim roku doświadczenia.

MATERIAŁ I METODY

Trzyletnie doświadczenie wazonowe przeprowadzono w latach 2009-2011 w obiektach doświadczalnych Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, w układzie całkowicie losowym, w czterech powtórzeniach. Uwzględniono w nim następujące czynniki:

1. Wapnowanie (w formie CaCO_3): 0 Ca (bez wapnowania) oraz Ca wg 1Hh gleby – w dawce wyliczonej według 1 kwasowości hydrolitycznej gleby.
2. Materiały organiczne: bez dodatku materiałów (0), węgiel brunatny pochodzący z kopalni węgla Turów w dawce $40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, czyli $13,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby i słoma żytnia w dawce $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, czyli $1,33 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby). Dawki słomy i węgla brunatnego odpowiadały tym stosowanym w praktyce rolniczej. Ze słomą do gleby wprowadzono ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.): C – 0,488; N – 0,0048 oraz ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.): Zn – 0,0249; Cu – 0,0057; Ni – 0,0048 a z węglem brunatnym odpowiednio ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.): C – 6,616; N – 0,0452 oraz ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.): Zn – 0,1940; Cu – 0,1140 i Ni 0,0677.
3. Zanieczyszczenie gleb niklem (w formie wodnego roztworu $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$): 0 Ni (bez zastosowania Ni), 75 $\text{mg Ni} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby, 150 $\text{mg Ni} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby, 225 $\text{mg Ni} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby.

Wapnowanie, dodatek materiałów organicznych (słomy żytniej pociętej na sieczkę i miału węgla brunatnego z Kopalni Węgla Brunatnego w Turowie) oraz dawki niklu zastosowano do gleby jednorazowo, w listopadzie 2008 roku. Szczegółowy schemat doświadczenia wazonowego, pełny skład chemiczny stosowanych materiałów organicznych podano we wcześniejszych opracowaniach (Kalembasa i in. 2014, Kuziemska i in. 2014). Zawartość miedzi i cynku w próbkach roślinnych (cztery pokosy trawy zebrane w trzecim roku doświadczenia) oraz zawartość ogólną miedzi, cynku, niklu w słomie i węglu brunatnym przed rozpoczęciem doświadczenia wegetacyjnego oznaczono metodą atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą indukcyjnie wzbudzoną, na aparacie firmy Perkin-Elmer, Optima 3200RL, po wcześniejszej mineralizacji materiałów „na sucho” w piecu muflowym, w temperaturze 450°C, i rozpuszczeniu popiołu w 10% roztworze HCl. Wyniki badań opracowano statystycznie, poddając je analizie wariancji z wykorzystaniem rozkładu F-Fishera-Snedecora, za pomocą programu STATISTICA 10PL, a wartość $NIR_{(0,05)}$ wyliczono wg testu Tukey'a.

OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Wpływ badanych w doświadczeniu czynników na plonowanie i skład chemiczny kupkówki pospolitej w dwóch pierwszych latach prowadzenia badań przedstawiono we wcześniejszych opracowaniach (Kalembasa i in. 2014, Kuziemska i in. 2014). Wykazano w nich negatywne działanie wzrastających ilości niklu w glebie na plonowanie rośliny testowej, które ograniczało wapnowanie i odpadowe materiały organiczne. Wpływ wapnowania, stosowania słomy i węgla brunatnego oraz zróżnicowanej ilości niklu w glebie na skład chemiczny biomasy kupkówki pospolitej w pierwszym i drugim roku badań zależał również od roku badań i terminu zbioru (pokosu). W drugim roku doświadczenia wapnowanie powodowało zmniejszenie ilości miedzi i cynku w roślinie testowej, natomiast w obu latach badań rośliny zebrane z obiektów, gdzie stosowano materiały organiczne, zawierały więcej tych metali niż zebrane z obiektu kontrolnego. W dwóch pierwszych latach badań nie wykazano istotnego, ukierunkowanego wpływu zróżnicowanej ilości niklu w glebie na zawartość miedzi i cynku w kupkówce pospolitej (Kuziemska i in. 2014).

W niniejszej pracy analizowano wpływ wapnowania i dodatku do gleby słomy i węgla brunatnego oraz zróżnicowanej ilości niklu w glebie na zawartość miedzi i cynku w biomacie rośliny testowej zebranej w trzecim roku doświadczenia wazonowego.

W warunkach prowadzenia badań średnia zawartość miedzi w suchej masie kupkówki pospolitej wynosiła od 1,31 do 3,15 mg Cu·kg⁻¹ s.m. (tab. 1) i była mniejsza niż w I i II roku eksperymentu (Kuziemska i in. 2014). Zbliżone rezultaty uzyskał w swoich badaniach Wesołowski (2012), który stwierdził zawartość

Tabela 1. Zawartość miedzi ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w biomacie kupkówki pospolitej
Table 1. Copper content ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM) of cooper in the biomass of cock`s-foot

Wapnowanie Liming	Materiały organiczne Organic materials	Nikiel ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) Nickel ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of soil)	Pokos / Cut				Średnia Mean
			I	II	III	IV	
Bez Ca	Bez mat. org.	0	3,42	4,67	2,64	1,87	3,15
Without liming	Without organic materials	75	2,61	2,47	1,82	1,65	2,14
		150	2,39	2,40	1,65	1,64	2,02
		225	2,19	2,36	1,49	1,48	1,88
		Śłoma żytnia	0	3,24	4,19	2,46	1,84
	Rye straw	75	3,03	3,28	2,08	1,48	2,47
		150	2,62	2,58	1,74	1,43	2,09
		225	2,57	2,41	1,49	1,39	1,97
		Węgiel brunatny	0	3,22	3,43	2,56	2,29
	Brown coal	75	2,31	2,57	1,83	1,89	2,15
		150	1,19	1,85	1,66	1,45	1,54
		225	1,64	1,65	1,52	1,39	1,55
		Ca	0	2,82	2,98	1,83	1,37
Ca Liming	Bez mat. org. Without organic materials	75	1,71	1,69	1,41	1,62	1,61
		150	1,73	1,42	1,36	1,40	1,48
		225	2,05	1,42	1,30	1,39	1,54
		Śłoma żytnia	0	2,49	1,74	2,16	1,80
	Rye straw	75	1,76	1,62	1,34	1,78	1,63
		150	1,56	1,59	1,33	1,25	1,43
		225	1,34	1,41	1,23	1,24	1,31
		Węgiel brunatny	0	2,49	1,76	1,79	1,92
	Brown coal	75	2,25	1,72	1,45	1,75	1,79
		150	1,84	1,39	1,37	1,28	1,47
		225	1,55	1,36	1,35	1,21	1,37
		Średnia dla wapnowania Mean for liming	Bez Ca		2,54	2,82	1,91
Without liming Ca Liming			1,97	1,68	1,49	1,50	1,66
Średnia dla materiałów organicznych Mean for organic materials	Bez mat. org. Without organic materials		2,37	2,43	1,69	1,55	2,01
	Śłoma żytnia		2,33	2,35	1,73	1,53	1,96
	Rye straw						
	Węgiel brunatny		2,06	1,97	1,69	1,65	1,84
	Brown coal						
Średnia dla dawek niklu Mean for nickel doses	0		2,53	2,68	1,92	1,58	2,18
	75		1,95	1,91	1,42	1,45	1,68
	150		1,62	1,60	1,30	1,21	1,43
	225		1,62	1,52	1,20	1,16	1,37
Średnio w doświadczeniu Mean in experiment			2,09	2,09	1,58	1,46	1,80
NIR _{0,05} dla / LDS _{0,05} for wapnowania / liming		I pokos / cut 0,111	II pokos / cut 0,128	III pokos / cut 0,145	IV pokos / cut 0,123		
materiałów organicznych organic materials		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.		
dawek niklu / doses of nickel		0,210	0,214	0,275	0,233		

n.i. – nieistotne przy $\alpha = 0,05$ / n.i. – not significant at $\alpha = 0.05$

tego pierwiastka w sianie w granicach 2,30 do 7,10 mg Cu·kg⁻¹ s.m. oraz Wall (2008), w badaniach którego średnia zawartość omawianego metalu w runi łąkowej kształtowała się na poziomie 3,61 mg Cu·kg⁻¹ s.m. Jak podają Kabata-Pendias i Piotrowska (1987), zawartość miedzi w trawach przeznaczonych na cele paszowe powinna wynosić do 10 mg Cu·kg⁻¹ s.m. W przeprowadzonym doświadczeniu najwięcej omawianego pierwiastka zawierały rośliny zebrane w pokosie pierwszym i drugim – średnio 2,09 mg Cu·kg⁻¹ s.m., a o ponad 30% mniej zebrane w pokosie czwartym – średnio 1,46 mg Cu·kg⁻¹ s.m.

Zastosowane wapnowanie, niezależnie od terminu zbioru, spowodowało zmniejszenie zawartości miedzi w biomacie kupkówki pospolitej, średnio o 26% w stosunku do roślin zebranych z obiektów, na których zabiegu wapnowania nie wykonano. Jest to zbliżone z wynikami badań Rogóza (2002). W przeprowadzonych badaniach nie wykazano istotnego wpływu stosowanych materiałów organicznych na omawianą cechę, pomimo że z węglem brunatnym wprowadzono do gleby ponad 20 razy więcej omawianego pierwiastka niż ze słomą żytnią.

Wraz ze zwiększeniem ilości niklu w glebie, zawartość miedzi w kupkówce pospolitej uległa zmniejszeniu, co zdaje się potwierdzać tezę Rubio i in. (1994) o możliwym antagonizmie obu pierwiastków. Zależność tę, potwierdzoną analizą statystyczną, stwierdzono dla roślin wszystkich pokosów trawy.

Średnia zawartość cynku w biomacie kupkówki pospolitej wahała się w szerokich granicach od 24,37 do 33,91 mg Zn·kg⁻¹ s.m. (tab. 2) i była wyższa niż w I i II roku doświadczenia (Kuziemska i in. 2014). Domańska i Filipek (2011) podają, że średnia zawartość tego pierwiastka w trawie wynosi na ogół od 20 do 85 mg Zn·kg⁻¹ s.m., a więc otrzymane rezultaty mieszczą się w podanym zakresie. Najwięcej omawianego metalu zawierały rośliny zebrane w pokosie pierwszym – średnio 40,46 mg Zn·kg⁻¹ s.m., a ponad 49% mniej rośliny zebrane w pokosie czwartym, co jest zbieżne z wynikami badań uzyskanymi przez Domańską i Filipka (2011). Wapnowanie niejednoznacznie różnicowało zawartość cynku w biomacie kupkówki pospolitej, a jego wpływ był zależny od terminu pokosu. Rośliny zebrane w pierwszym pokosie z gleb wapnowanych miały istotnie większą zawartość omawianego pierwiastka w stosunku do roślin zebranych z gleb niewapnowanych. Odwrotną zależność stwierdzono dla kolejnych pokosów rośliny testowej. Wpływ zastosowanych materiałów organicznych na zawartość cynku w roślinie był zróżnicowany, ale z uwagi na różną ilość wprowadzonych do gleby słomy żytniej i węgla brunatnego, ich skład chemiczny wpływu tego nie analizowano.

W przeprowadzonych badaniach nie wykazano wpływu zróżnicowanej ilości niklu w glebie na omawianą cechę i rośliny zebrane z gleb w różnym stopniu zanieczyszczonych niklem zawierały średnio zbliżoną zawartość cynku, co w przypadku tego pierwiastka nie potwierdza tezy Rubio i in. (1994) o możliwym antagonizmie cynku i niklu.

Tabela 2. Zawartość cynku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w biomacie kupkówki pospolitej
Table 2. Zinc content (mg kg^{-1} DM) of zinc in the biomass of cock's-foot

Wapnowanie Liming	Materiały organiczne Organic materials	Nikiel ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) Nickel (mg kg^{-1} of soil)	Pokos / Cut				Średnia Mean
			I	II	III	IV	
Bez Ca	Bez mat. org.	0	33,93	42,23	29,50	17,68	30,84
Without	Without organic	75	28,28	38,57	26,37	16,23	27,36
liming	materials	150	34,17	53,56	24,22	20,81	33,19
		225	35,29	44,35	23,84	22,14	31,41
	Słoma żytnia	0	26,79	44,00	32,38	24,75	31,98
	Rye straw	75	36,08	38,06	30,79	20,53	31,37
		150	26,40	38,38	31,10	22,40	29,57
		225	37,32	39,89	31,63	20,80	32,41
	Węgiel brunatny	0	29,98	45,54	24,17	19,85	29,86
	Brown coal	75	42,58	42,69	26,15	17,94	32,34
		150	46,56	36,41	27,22	21,60	32,95
		225	37,88	39,03	25,27	21,69	30,92
Ca	Bez mat. org.	0	51,84	16,47	17,25	25,58	27,79
Liming	Without organic	75	55,05	17,09	22,81	22,24	29,30
	materials	150	37,02	27,80	24,65	22,63	28,03
		225	31,47	18,75	23,26	23,98	24,37
	Słoma żytnia	0	26,94	30,01	20,71	24,31	25,49
	Rye straw	75	32,40	29,95	28,30	22,20	28,21
		150	37,68	18,59	28,92	22,26	26,86
		225	55,89	22,63	23,65	20,35	30,63
	Węgiel brunatny	0	54,02	19,61	20,10	19,61	28,34
	Brown coal	75	56,81	22,61	19,13	17,78	29,08
		150	72,19	18,86	21,07	23,51	33,91
		225	44,48	18,95	16,83	19,72	25,00
Średnia dla wapnowania	Bez Ca						
Mean for liming	Without liming		34,61	41,89	27,72	20,52	31,18
	Ca		46,32	21,78	22,22	22,01	28,08
	Liming						
Średnia dla materiałów	Bez mat. org.						
organicznych	Without organic		38,38	32,35	23,99	21,41	29,03
Mean for organic materials	materials						
	Słoma żytnia		34,97	32,69	28,44	22,20	29,57
	Rye straw						
	Węgiel brunatny		48,06	30,45	22,49	20,19	30,30
	Brown coal						
Średnia dla dawek niklu	0		37,25	32,96	24,02	21,96	29,05
Mean for nickel doses	75		41,87	31,50	25,59	19,49	29,61
	150		42,34	32,27	26,20	22,20	30,75
	225		40,39	30,60	24,08	21,41	29,12
Średnio w doświadczeniu			40,46	31,83	24,97	21,27	29,63
Mean in experiment							
NIR _{0,05} dla / LDS _{0,05} for		I pokos / cut		II pokos / cut	III pokos / cut	IV pokos / cut	
wapnowania / liming		8,056		3,502	1,766	1,121	
materiałów organicznych		n.i.		n.i.	2,618	1,662	
organic materials		n.i.		n.i.	n.i.	n.i.	
dawek niklu / doses of nickel		n.i.		n.i.	n.i.	n.i.	

n.i. – nieistotne przy $\alpha = 0,05$ / n.i. – not significant at $\alpha = 0.05$

W podsumowaniu przeprowadzonego doświadczenia wazonowego oraz wykonanych analiz chemicznych biomasy kupkówki pospolitej należy stwierdzić, że wpływ badanych w eksperymencie czynników – wapnowania, zastosowania słomy i węgla brunatnego oraz zróżnicowanej ilości niklu w glebie na zawartość miedzi i cynku w roślinie testowej był zróżnicowany i zależał też od terminu zbioru. Zastosowane wapnowanie spowodowało istotne zmniejszenie zawartości miedzi w biomase kupkówki pospolitej (niezależnie od terminu jej zbioru), natomiast jego wpływ na zawartość cynku był niejednoznaczny, uzależniony od terminu zbioru. Zastosowane materiały organiczne – słoma i węgiel brunatny nie różnicowały zawartości miedzi w roślinie testowej, a ich wpływ na zawartość cynku był niejednoznaczny, co jest zbieżne z rezultatem uzyskanym we wcześniejszych badaniach (Kuziemska i in. 2014). Wzrastająca ilość niklu w glebie powodowała zmniejszenie zawartości miedzi w roślinie testowej, nie różnicując jednocześnie ilości cynku, co wskazuje na możliwy antagonizm niklu i miedzi opisywany przez Rubio i in. (1994) oraz Khaida i Tinsleya (1980).

WNIOSKI

1. Zastosowane wapnowanie spowodowało zmniejszenie zawartości miedzi w roślinach kupkówki pospolitej, a jego wpływ na zawartość cynku był zróżnicowany i zależny od terminu pokosu.
2. W przeprowadzonych badaniach nie wykazano istotnego wpływu zróżnicowanej ilości niklu w glebie na zawartość cynku w biomase kupkówki pospolitej.
3. Wraz ze zwiększeniem zawartości niklu w glebie zawartość miedzi w biomase trawy uległa zmniejszeniu, co wskazuje na obniżenie wartości żywieniowej rośliny testowej.

PIŚMIENNICTWO

- Dickson N.E., Gazzola C., Beakeley R.L., Zerner B., 1975. Jack bean ureaze [E. C 3. 5. 15]. A metalloenzyme. A simple biological role for nickel. *J. An. Chem. Soc.*, 97, 4130-4133.
- Domańska J., 2009. Zawartość i pobranie niklu przez rośliny przy zróżnicowanym pH gleb naturalnych oraz zanieczyszczonych kadmem lub ołowiem. *Ochr. Środ. i Zasob. Natur.*, 40, 236-245.
- Domańska J., Filipek T., 2011. Akumulacja cynku w kupkówce pospolitej w zależności od rodzaju gleby, pH oraz zanieczyszczenia Cd lub Pb. *Ochr. Środ. i Zasob. Natur.*, 48, 67-73.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- Kabata-Pendias A., Piotrowska M., 1987. Pierwiastki śladowe jako kryterium rolniczej przydatności odpadów. IUNG Puławy, seria P, 39.

- Kalembasa S., Kuziemska B., Kalembasa D., Popek M., 2014. Wpływ wapnowania i dodatku materiałów organicznych na plonowanie oraz zawartość azotu, fosforu i potasu w biomase kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.) uprawianej w warunkach zróżnicowanej zawartości niklu w glebie. *Acta Agroph.*, 21(1), 35-50.
- Khalid B.Y., Tinsley J., 1980. Some effects of nickel toxicity on rye grass. *Plant Soil*, 55, 139-144.
- Kuziemska B., Kalembasa D., Kalembasa S., 2014. Wpływ wapnowania i dodatku materiałów organicznych na zawartość wybranych metali w kupkówce pospolitej uprawianej na glebie zanieczyszczonej niklem. *Acta Agroph.*, 21(3), 293-304.
- Kuziemska B., Kalembasa S., 2010. Wpływ zanieczyszczenia gleby niklem oraz stosowania wapnowania i substancji organicznych na zawartość żelaza, manganu i cynku w kupkówce pospolitej (*Dactylis glomerata* L.). *Ochr. Środ. i Zasob. Natur.*, 42, 100-108.
- Molas J.S., 2010. Pobieranie niklu przez rośliny kapusty (*Brassica oleracea* L.) i jego fitotoksyczność w zależności od formy chemicznej dodanej do podłoża. *Rozprawy Naukowe* 341, UP Lublin, ss. 142.
- Rogóż A., 2002. Zawartość i pobieranie pierwiastków śladowych przez rośliny przy zmiennym odczynie gleby. Cz. I. Zawartość i pobieranie miedzi, cynku oraz manganu przez rośliny. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 482, 439-451.
- Rubio M.I., Escoring I., Martinez-Cortina C., Lopez-Benet F.J., Sanz A., 1994. Cadmium and nickel accumulation in rice plants. Effects on mineral nutrition and possible interaction of abscisic and gibberellic acid. *Plant Growth Regul.* 14, 151-157.
- Wall E., 2008. Zawartość mikroelementów w runi łąkowej z terenów Dolnego Śląska o wysokiej zawartości metali ciężkich. *Zesz. Nauk. UP Wroc.*, Rol. XC III, 569, 7-13.
- Wesołowski P., 2012. Wpływ obornika stosowanego w połączeniu z nawożeniem mineralnym na plonowanie łąki oraz skład botaniczny siana. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, t. 12, 1(37), 229-238.

EFFECT OF LIMING AND USE OF ORGANIC MATERIALS ON THE CONTENTS OF COPPER AND ZINC IN OF COCK'S-FOOT GROWN IN SOIL CONTAMINATED WITH NICKEL

Beata Kuziemska, Stanisław Kalembasa, Dorota Kalembasa

Faculty of Soil Science and Agricultural Chemistry
Siedlce University of Natural Science and Humanities
Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: bak.kuz@interia.pl

Abstract: The effect of liming and an addition of waste organic materials to soil on the contents of copper and zinc in cock's-foot (*Dactylis glomerata* L.) cultivated on soil contaminated to various degrees with nickel was studied in a pot culture experiment. Plants from four cuts of grass were analysed. Liming resulted in a significant reduction of copper content in the plant test, without any distinct differentiation in zinc content. The studies showed no effect of varying amounts of nickel in the soil on zinc content in the orchard grass, and with increasing soil contamination with nickel the content of copper in the grass decreased, which may be an evidence of antagonism of the two micronutrients.

Keywords: cock's-foot, nickel, liming, straw, brown coal, copper, zinc