

Beata Kuziemska, Stanisław Kalembasa, Magdalena Jakubicka

WPLYW WAPNOWANIA I DODATKU OSADU ŚCIEKOWEGO NA ZAWARTOŚĆ ŻELAZA, MIEDZI I CYNKU W KUPKÓWCE POSPOLITEJ (*DACTYLIS GLOMERATA* L.) UPRAWIANEJ NA GLEBIE ZANIECZYSZCZONEJ NIKLEM

Streszczenie. W trzyletnim doświadczeniu wazonowym badano wpływ wapnowania i stosowania osadu ściekowego na zawartość żelaza, miedzi i cynku w biomase kupkówki pospolitej uprawianej na glebie zanieczyszczonej niklem. W doświadczeniu uwzględniono następujące czynniki: I – wapnowanie (bez wapnowania i wapnowanie wg 1 Hh gleby w formie CaCO_3); II – dodatek osadu ściekowego (bez osadu ściekowego i osad ściekowy pochodzący z oczyszczalni ścieków w Siedlcach w dawce odpowiadającej ilości 2 g C kg^{-1} gleby); III – zróżnicowana ilość niklu w glebie (0, 50 i 100 mg Ni kg^{-1} gleby w formie roztworu wodnego $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). W każdym sezonie wegetacyjnym zebrano po cztery pokosy rośliny testowej, w której po zmieleniu i mineralizacji „na sucho” oznaczono zawartość badanych metali ciężkich metodą ICP-AES. We wszystkich latach badań wapnowanie spowodowało obniżenie zawartości miedzi i cynku w biomase kupkówki pospolitej, nie różnicując jednoznacznie zawartości żelaza. Zastosowanie osadu ściekowego spowodowało zwiększenie ilości wszystkich omawianych metali w roślinie testowej w latach prowadzenia doświadczenia. Wzrastające ilości niklu w glebie wpływały na zmniejszenie zawartości miedzi w kupkówe pospolitej.

Słowa kluczowe: kupkówka pospolita, wapnowanie, osad ściekowy, żelazo, miedź, cynk.

WPROWADZENIE

Rozwój przemysłu oraz postępujący proces urbanizacji są odpowiedzialne za zwiększoną emisję do atmosfery różnego rodzaju zanieczyszczeń, które opadając na powierzchnię gleby powodują jej skażenie [2]. Szczególnie duże zagrożenie stwarza zanieczyszczenie gleby metalami ciężkimi, z której mogą być pobierane przez rośliny [12, 13]. Najbardziej narażone na zanieczyszczenie metalami ciężkimi są gleby występujące w pobliżu większych aglomeracji miejskich [4, 10, 11]. Szkodliwość metali ciężkich polega na ich chemicznej toksyczności oraz możliwości ich kumulowania się w organizmach żywych. W warunkach optymalnych pierwiastki te są mało ruchliwe, a więc trudno dostępne dla roślin [16]. Istnieją jednak czynniki ułatwiające ich dostępność, do których zaliczamy między innymi: wysokie stężenie danego metalu w środowisku oraz kwaśny odczyn gleby [7, 9, 17]. Zwiększona mobilność pierwiastków toksycznych w środowisku wpływa na wzrost ich akumulacji w roślinach, co stanowi poważne zagrożenie dla

Stanisław KALEMBASA, Beata KUZIEMSKA – Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach.
Magdalena JAKUBICKA – studentka I roku studiów uzupełniających, Wydział Przyrodniczy, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach.

organizmów żywych [1, 8]. Ograniczenie zanieczyszczenia roślin metalami ciężkimi można uzyskać, stosując prawidłową agrotechnikę, zwłaszcza racjonalne nawożenie organiczne i wapnowanie gleb.

Do metali ciężkich zaliczany jest nikiel, którego źródłem w glebie są procesy glebotwórcze, stosowanie w rolnictwie odpadów zawierających ten pierwiastek oraz gazy i pyły z przemysłu ciężkiego. Źródłem niklu dla roślin uprawnych mogą być również nawozy mineralne, zwłaszcza fosforowe, nawozy organiczne, komposty, odpady organiczne, odpady mineralne używane do wapnowania gleb [5]. Toksyczne działanie tego metalu na rośliny obserwowano od dawna, szczególnie na glebach o podwyższonej jego zawartości. Objawia się to ogólną chlorozą czy uszkodzeniem korzeni, czego efektem jest ograniczone pobieranie i transport składników pokarmowych do nadziemnych części roślin oraz zahamowanie fotosyntezy i transpiracji. Zaburzeniu mogą też ulegać proporcje w składzie chemicznym roślin prowadzące do nadmiernego, toksycznego nagromadzenia niklu, obniżenia ogólnej sumy kationów w tkankach roślinnych czy wzrostu ilości wapnia i fosforu [6].

Celem podjętych badań było określenie wpływu wapnowania i dodatku osadu ściekowego na zawartość żelaza, miedzi i cynku w kupkówce pospolitej (*Dactylis glomerata* L.) uprawianej na glebie zanieczyszczonej nikiem.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Trzyletnie doświadczenie wazonowe przeprowadzono w latach 2006-2008, w układzie całkowicie losowym, w trzech powtórzeniach. W doświadczeniu uwzględniono następujące czynniki: I – wapnowanie (bez wapnowania i wapnowanie wg 1 H_h gleby w formie CaCO₃); II – dodatek osadu ściekowego (bez dodatku osadu ściekowego i z dodatkiem osadu ściekowego pochodzącego z oczyszczalni ścieków w Siedlcach w dawce odpowiadającej ilości 2 g C kg⁻¹ gleby); III – zróżnicowane zanieczyszczenie gleby nikiem (0, 50 i 100 mg Ni·kg⁻¹ gleby, stosując roztwór wodny NiCl₂·6H₂O). Materiał glebowy użyty w doświadczeniu był pobierany z warstwy ornej (0-20 cm) gleby płowej o uziarnieniu gliny piaszczystej. Podstawowe właściwości gleby podano w tabeli 1. Skład chemiczny zastosowanego w doświadczeniu osadu ściekowego podano w tabeli 2 [12].

W celu poprawności uzyskanych wyników wazono o pojemności 15 dm³ zawierające 10 kg s.m. gleby umieszczono w dodatkowych pojemnikach, których zadaniem było zabezpieczenie przed wyciekami roztworu z wazonów. Wazono były ustawione na powietrzu i utrzymywano w nich wilgotność na poziomie 60% połowej pojemności wodnej (PPW).

Rośliną testową była trawa – kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.), której w każdym sezonie wegetacyjnym zebrano po cztery pokosy. Analizie poddano rośliny wszystkich pokosów, w każdym roku badań. Zawartość badanych metali oznaczono metodą ICP-AES po wcześniejszej mineralizacji materiału roślinnego „na sucho” w piecu muflowym w temperaturze 450°C i rozpuszczeniu popiołu surowego w 10% roztworze HCl.

Tabela 1. Niektóre właściwości gleby wykorzystanej do doświadczenia wazonowego

Table 1. Some properties of soil used in the pot experiment

pH 1 M KCl	C _{orgiczny} C _{organic}	N _{całkowity} N _{total}	Przyswajalny Available		Całkowity Total			
	g · kg ⁻¹ gleby g · kg ⁻¹ of soil		P	K	Ni	Cu	Fe	Zn
			mg · kg ⁻¹ gleby mg · kg ⁻¹ of soil		mg · kg ⁻¹ gleby mg · kg ⁻¹ of soil			
5,6	7,9	0,98	69	75	5,67	2,05	2060	7,93

Tabela 2. Skład chemiczny osadu ściekowego z Siedlec

Table 2. Chemical composition of sewage sludge from Siedlce

Składnik Component	g · kg ⁻¹ s.m. g · kg ⁻¹ D.M.	Składnik Component	mg · kg ⁻¹ s.m. mg · kg ⁻¹ D.M.
N	60,5	Cd	1,99
P	31,2	Pb	50,5
K	4,28	Ni	20,6
Ca	39,6	Fe	10850
Mg	8,42	Cu	137,7
C _{org.}	371	Zn	1276,8
MO	640		
Sucha masa ; Dry matter [g kg ⁻¹]		180	

Wyniki badań opracowano statystycznie analizą wariancji z wykorzystaniem rozkładu F-Fishera-Snedecora wg programu F.R. Anal. var 4.1., a wartość NIR_(0,05) wyliczono stosując test Tukey'a. W celu określenia zależności między zawartością oznaczonych pierwiastków zastosowano analizę korelacji liniowej.

WYNIKI I DYSKUSJA

W pierwszym roku prowadzenia badań na obiektach, na których zastosowano 100 mg Ni kg⁻¹ gleby i nie wykonano zabiegu wapnowania, nie uzyskano plonu trawy. W niniejszym opracowaniu skupiono się na wynikach uzyskanych w dwóch ostatnich latach prowadzenia doświadczenia, przy czym zawartość wszystkich badanych metali przedstawiono jako średnie zawartości (z czterech pokosów) w poszczególnych latach badań.

Dane przedstawione w tabeli 3 wskazują, że zawartość żelaza w biomase kupkówki pospolitej uprawianej w warunkach badań własnych w niewielkim stopniu zależała od czynników doświadczenia.

W ciągu trzech lat eksperymentu najwięcej tego składnika oznaczono w roślinach uprawianych w pierwszym roku badań, a najmniej w roku trzecim. W pierwszym roku doświadczenia uzyskano dodatni wpływ wapnowania na gromadzenie żelaza w trawie, natomiast w roku drugim stwierdzono zależność odwrotną, tj. zastosowane wapnowanie powodowało obniżenie zawartości żelaza w roślinie testowej. Nie stwierdzono istotnego wpływu omawianego czynnika na zawartość żelaza w roślinach uprawianych w ostatnim roku badań. We wszystkich latach eksperymentu oraz średnio za trzy lata badań obserwowano zwiększenie

zawartości omawianego pierwiastka w roślinach uprawianych na osadzie ściekowym, ale tylko w drugim roku doświadczenia były to różnice istotne. Brak jednoznacznego efektu zastosowanego osadu ściekowego na zawartość żelaza łączyć można z faktem, że z zastosowanym odpadem wprowadzono do gleby tylko 58,48 mg Fe kg⁻¹ gleby.

Wpływ wzrastających ilości niklu w glebie na gromadzenie żelaza przez kupkówkę pospolitą zaznaczył się tylko w ostatnim roku eksperymentu. Dodatek większej ilości niklu do gleby powodował obniżenie zawartości żelaza w roślinach, co tłumaczyć można opisywanym w literaturze antagonizmem obu metali [18].

Tabela 3. Zawartość żelaza w kupkówce pospolitej (g kg⁻¹ s.m.)

Table 3. Iron content in cocksfoot (g kg⁻¹ DM)

Wyszczególnienie Specification	Lata; Years	Wapnowanie; Liming							
		0				Ca wg 1 Hh ; Ca acc. 1 Hh			
		Dawki niklu (mg kg ⁻¹ gleby); Doses of nickel (mg kg ⁻¹ soil)							
		0	50	100	Średnie Means	0	50	100	Średnie Means
Bez osadu ściekowego Without sewage sludge	2006	218	299	n.u.p.	-	298	259	228	262
	2007	169	146	140	152	152	137	127	139
	2008	127	116	110	118	122	108	100	110
Średnie; Means		171	187	-	-	191	168	152	170
Osad z Siedlec Sludge from Siedlce	2006	273	312	n.u.p.	-	289	254	245	263
	2007	195	183	169	182	170	165	151	162
	2008	144	132	124	133	130	112	110	117
Średnie; Means		204	209	-	-	196	177	169	181
					Lata ; Years				
					2006	2007	2008		
NIR _{0,05} dla ; LSD _{0,05} for: wapnowania ; liming					48,719	16,019	n.i		
osadu ściekowego ; sewage sludge					n.i.	16,019	n.i		
dawek niklu ; doses of nickel					n.i.	n.i.	17,419		

n.u.p. – nie uzyskano plonu ; no yield obtained

n.i. – nie istotne ; not significant

Ilość miedzi zawarta w roślinie testowej w okresie kolejnych lat badań zależała zarówno od wapnowania, nawożenia organicznego, jak i zróżnicowanej zawartości niklu w glebie (tab. 4).

Najwięcej tego pierwiastka oznaczono w biomase rośliny testowej uprawianej w pierwszym roku doświadczenia a najmniej w roku trzecim. Wapnowanie powodowało istotne obniżenie zawartości miedzi w biomase trawy we wszystkich latach eksperymentu, co jest zgodne z rezultatami uzyskanymi przez innych autorów [13]. Lipiński i Lipińska [14] badali oddziaływanie materii organicznej i odczynu na

zawartość metali ciężkich w glebach i roślinach użytków zielonych. Według cytowanych Autorów na zawartość między innymi miedzi, żelaza oraz cynku w roślinach użytków zielonych największy wpływ wywierał odczyn gleby. Zwiększenie wartości pH przyczyniało się do obniżenia zawartości tych metali w roślinach łąkowych. W badaniach własnych wykazano, że kupkówka pospolita uprawiana na obiektach nawożonych osadem ściekowym zawierała większą ilość miedzi w porównaniu do uprawianej na obiektach kontrolnych. Zbliżone rezultaty uzyskali Cieśla i inni [3], którzy stwierdzili zwiększenie zawartości miedzi, cynku, chromu i ołowiu w kupkówce pospolitej pod wpływem nawożenia osadami ściekowymi, nawet w trzecim roku po ich zastosowaniu.

Tabela 4. Zawartość miedzi w kupkówce pospolitej (g kg⁻¹ s.m.)

Table 4. Copper content in cocksfoot (g kg⁻¹ DM)

Wyszczególnienie Specification	Lata ; Years	Wapnowanie ; Liming							
		0				Ca wg 1 Hh ; Ca acc. 1 Hh			
		Dawki niklu (mg kg ⁻¹ gleby) ; Doses of nickel (mg kg ⁻¹ soil)							
		0	50	100	Średnie Means	0	50	100	Średnie Means
Bez osadu ściekowego Without sewage sludge	2006	5,20	4,55	n.u.p.	-	4,41	4,31	3,95	4,22
	2007	5,07	4,53	4,19	4,60	4,86	4,38	4,05	4,43
	2008	4,87	3,69	3,24	3,93	3,65	3,13	3,10	3,29
Średnie ; Means		5,05	4,26	-	-	4,31	3,94	3,70	3,98
Osad z Siedlec Sludge from Siedlce	2006	5,70	4,86	n.u.p.	-	4,70	4,41	4,17	4,43
	2007	5,15	4,86	4,72	4,91	5,16	4,66	4,28	4,70
	2008	5,00	4,41	4,29	4,57	4,25	4,63	4,60	4,49
Średnie ; Means		5,28	4,71	-	-	4,70	4,57	4,35	4,26
					Lata ; Years				
					2006	2007	2008		
NIR _{0,05} dla ; LSD _{0,05} for: wapnowania ; liming					0,206	0,152	0,265		
osadu ściekowego ; sewage sludge					0,206	0,152	0,265		
dawek niklu ; doses of nickel					0,304	0,224	0,391		

n.u.p. – nie uzyskano plonu ; no yield obtained

W kolejnych latach badań kupkówka pospolita zawierała zbliżone średnio ilości cynku, przy czym najwięcej oznaczono w biomase roślin uprawianych w pierwszym roku, a najmniej w roku trzecim (tab. 5).

W każdym roku badań wykazano, że wapnowanie na poziomie 1 Hh gleby wpłynęło na obniżenie zawartości omawianego pierwiastka w roślinach. Wykazano również zwiększenie zawartości cynku w biomase trawy pod wpływem zastosowanego dodatku osadu ściekowego, pomimo, że z jego dawką wprowadzono do gleby tylko 6,88 mg Zn kg⁻¹ gleby. Istotną zależność między zawartością

omawianego metalu w kupkówce pospolitej a obecnością niklu w glebie stwierdzono w pierwszym roku badań, gdzie wraz ze zwiększeniem ilości niklu w glebie wzrastała ilość cynku w trawie, z kolei w drugim roku eksperymentu, zaobserwowano odwrotną zależność.

Na podstawie przeprowadzonych badań własnych wykazano, że wapnowanie, dodatek osadu ściekowego oraz zróżnicowana zawartość niklu w glebie w sposób istotny wpływały na zawartość żelaza, miedzi i cynku w roślinie testowej w latach prowadzenia badań. Wapnowanie wpływało na obniżenie zawartości miedzi i cynku nie różnicując jednoznacznie zawartości żelaza, co jest zgodne z wcześniejszymi badaniami [13], jak też z rezultatami uzyskanymi przez innych autorów [14].

Zastosowanie osadu ściekowego w większości przypadków wpływało na zwiększenie zawartości wszystkich omawianych metali w biomase kupkówki pospolitej, co potwierdza rezultaty uzyskane przez Cieślę i innych [3]. Cytowani Autorzy stwierdzili, że stosowanie osadów ściekowych zwiększa zawartość metali w wierzchniej warstwie gleby, co w konsekwencji prowadzi do wzmożonego pobierania ich przez rośliny. We wszystkich latach eksperymentu zwiększone ilości niklu w glebie wpływały na istotne zmniejszenie zawartości miedzi w roślinie testowej, nie różnicując jednoznacznie zawartości żelaza i cynku. Matraszek i in. [15] badając wpływ niklu na plonowanie i skład chemiczny warzyw potwierdzili jego niejednoznaczne oddziaływanie na zawartość żelaza w biomase fasoli, sałaty i szpinaku.

Tabela 5. Zawartość cynku w kupkówce pospolitej (g kg⁻¹ s.m.)

Table 5. Zinc content in cocksfoot (g kg⁻¹ DM)

Wyszczególnienie Specification	Lata, Years	Wapnowanie; Liming							
		0				Ca wg 1 Hh ; Ca acc. 1 Hh			
		Dawki niklu (mg kg ⁻¹ gleby); Doses of nickel (mg kg ⁻¹ soil)							
		0	50	100	Średnie Means	0	50	100	Średnie Means
Bez osadu ściekowego Without sewage sludge	2006	20,4	20,5	n.u.p.	-	17,2	16,8	23,2	19,1
	2007	23,4	22,1	21,1	22,2	20,6	20,1	19,1	19,9
	2008	22,0	19,9	21,9	21,3	19,4	19,0	19,6	19,3
Średnie; Means		21,9	20,8	-	-	19,1	18,6	20,6	19,4
Osad z Siedlec Sludges from Siedlce	2006	27,9	32,6	n.u.p.	-	32,1	28,8	34,4	31,8
	2007	27,0	24,7	23,1	24,9	24,5	22,8	21,3	22,9
	2008	26,6	24,9	24,6	25,4	23,2	21,6	23,8	22,9
Średnie; Means		27,2	27,4	-	-	26,6	24,4	26,5	25,9
		Lata ; Years							
		2006		2007		2008			
NIR _{0,05} dla ; LSD _{0,05} for:									
wapnowania ; liming				3,544		3,544		5,228	
osadu ściekowego ; sewage sludge				1,469		1,469		2,166	
dawek niklu ; doses of nickel				1,532		1,532		n.i.	

n.u.p. – nie uzyskano plonu ; no yield obtained n.i. – nie istotne ; not significant

Analiza współzależności potwierdzona wyliczonymi wartościami współczynnika korelacji ujawniła istotne zależności pomiędzy zawartością wszystkich metali w kolejnych latach badań. Wartości współczynnika wynosiły odpowiednio:

Fe x Cu (I rok: $r = 0,94^{**}$; II rok: $r = 0,85^{**}$; III rok: $r = 0,69^{**}$)

Fe x Zn (I rok: $r = 0,84^{**}$; II rok: $r = 0,96^{**}$; III rok: $r = 0,72^{**}$)

Cu x Zn (I rok: $r = 0,84^{**}$; II rok: $r = 0,82^{**}$; III rok: $r = 0,76^{**}$)

Stwierdzone zawartości żelaza, miedzi i cynku w biomase kupkówki pospolitej były typowymi ilościami, które nie przewyższały poziomów uznanych za toksyczne dla roślin, a w konsekwencji dla zwierząt [3].

WNIOSKI

1. We wszystkich latach badań wapnowanie spowodowało zmniejszenie ilości miedzi i cynku w biomase kupkówki pospolitej, nie różnicując jednoznacznie zawartości żelaza.
2. Zastosowanie osadu ściekowego przyczyniło się do zwiększenie ilości wszystkich badanych metali w roślinie testowej w latach prowadzenia doświadczenia.
3. We wszystkich latach eksperymentu efektem wzrastających ilości niklu w glebie było zmniejszenie zawartości miedzi w biomase kupkówki pospolitej.

LITERATURA

1. Badora A. 2002. Wpływ pH na mobilność pierwiastków w glebach. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 482: 21-36.
2. Ciećko Z., Wyszowski M., Żołnowski A., Piotrowska G. 1996. Ocena przydatności węgla brunatnego i kompostu do neutralizacji skażenia gleby ołowiem. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 437: 109-116.
3. Cieśla W., Zalewski W., Kucharski J. Dąbkowska-Naskręt H., Jaworska H. 1993. Zawartość metali ciężkich w glebie i kupkówce pospolitej w trzecim roku po zastosowaniu osadów ściekowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 409: 43-50.
4. Czarnowska K., Gworek B., Szafranek A. 1994. Akumulacja metali ciężkich w glebach i warzywach korzeniowych z ogródków działkowych dzielnicy Warszawa-Mokotów. Roczn. Glebozn., XLV, 1/2: 45-54.
5. Filipek T., Olek J. 2000. Akumulacja i pobranie niklu przez rośliny testowe nawadniane oczyszczonymi ściekami komunalnymi. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 472: 235-240.
6. Gambuś T. 1993. Nikiel w glebie i koniczynie województwa krakowskiego. Chrom, nikiel i glin w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne. Wyd. Ossolineum: 135-139.
7. Gębski M. 1998. Czynniki glebowe oraz nawozowe wpływające na przyswajanie metali ciężkich przez rośliny. Post. Nauk Roln., 5: 3-16.
8. Gruca-Królikowska S., Waclawek W. 2006. Metale w środowisku. Cz. II. Wpływ metali ciężkich na rośliny. Chemia, Dydaktyka, Ekologia, Metrologia, 11(1-2): 41-56.
9. Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
10. Kalembasa S., Kuziemska B. 2006. Wpływ zanieczyszczenia gleby niklem na plon kupkówki pospolitej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 512: 297-304.

11. Kaszubkiewicz J., Kawałko D. 2009. Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie powiatu jeleniogórskiego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 40: 177-189.
12. Kuziemska B., Kalembasa S. 2009. Wpływ zanieczyszczenia gleby nikiem na tle zróżnicowanego wapnowania i nawożenia organicznego na plonowanie i zawartość azotu w kupkowiec pospolitej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 537: 227-233.
13. Kuziemska B., Kalembasa S. 2010. Wpływ zanieczyszczenia gleby nikiem oraz stosowania wapnowania i substancji organicznych na zawartość żelaza, manganu i cynku w kupkowiec pospolitej (*Dactylis glomerata* L.). *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 42: 100-108.
14. Lipiński W., Lipińska H. 2001. Oddziaływanie materii organicznej i odczynu na zawartość metali ciężkich w glebach i roślinach użytków zielonych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 478: 187-192.
15. Matraszek R., Szymańska M., Wróblewska M. 2002. Wpływ niklu na plonowanie i skład mineralny wybranych warzyw. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, 1(1): 13-22.
16. Sady W., Smoleń S. 2004. Wpływ czynników glebowo-nawozowych na akumulację metali ciężkich w roślinach. *Mat. Ogólnopolskiego Sympozjum Naukowego „Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodnich”, Kraków, 17-18.06.2004: 269-277.*
17. Szatanik-Kloc A. 2004. Wpływ pH i stężenie wybranych metali ciężkich w na ich zawartość w roślinach. *Acta Agrophysica*, 4(1): 177-183.
18. Zasadowski A., Spodniewska A. 1995. Arsen i nikiel w środowisku i organizmie zwierząt. *Agricult. Tech. Olst., Veterinaria*, 22: 125-131.

EFFECT OF APPLICATION OF LIME AND SEWAGE SLUDGE ADDITION ON THE CONTENT OF IRON, COPPER AND ZINC IN *DACTYLIS GLOMERATA* L. CULTIVATED ON NICKEL CONTAMINATED SOIL

Abstract. The aim of a three-year pot experiment was to study the effect of liming and sewage sludge addition on the content of iron, copper and zinc in the biomass of *Dactylic glomerata* L. cultivated on nickel-contaminated soil. The experiment included the following factors: I – liming (without liming and liming according to 1 Hh soil as CaCO₃); II – sewage sludge (without sewage sludge and sewage sludge originating from a waste-water treatment plants in Siedlce in a dose applied into the soil of 2 g C kg⁻¹ soil); III – diversified nickel content in the soil (0, 50 and 100 mg Ni kg⁻¹ soil as NiCl₂ water solution). In each vegetation season, the examined plant was harvested four times, milled, dry-mineralized and examined for the content of the heavy metals using ICP-AES technique. In all the experimental years, liming resulted in a decrease in the content of copper and zinc in the cock's foot biomass, however the content of iron did not differ explicitly. The application of sewage sludge caused an increase in the content of all the examined metals in the studied plant during the experimental years. Increasing amounts of nickel in the soil resulted in a decrease in the content of copper in *Dactylis glomerata* L.

Key words: *Dactylic glomerata* L., liming, sewage sludge, iron, copper, zinc.