

Beata KUZIEMSKA<sup>1</sup> i Stanisław KALEMBASA<sup>1</sup>

## WPLYW WAPNOWANIA I DODATKU OSADU ŚCIEKOWEGO NA ROZMIESZCZENIE FRAKCJI Zn I Cr W GLEBIE ZANIECZYSZCZONEJ NIKLEM

### EFFECT OF LIMING AND SEWAGE SLUDGE ADDITION ON THE DISTRIBUTION OF THE FRACTION OF Zn AND Cr IN SOIL CONTAMINATED WITH NICKEL

**Abstrakt:** W glebie pobranej po trzyletnim doświadczeniu wazonowym badano ogólną zawartość Zn i Cr oraz ich rozmieszczenie we frakcjach wydzielonych wg procedury BCR. W doświadczeniu uwzględniono następujące czynniki: I - wapnowanie (0 Ca i Ca wg 1 Hh gleby w formie  $\text{CaCO}_3$ ); II - dodatek osadu ściekowego (bez dodatku osadu ściekowego i dodatek osadu ściekowego pochodzącego z oczyszczalni ścieków w Siedlcach, stosowanego w dawce odpowiadającej ilości 2 g C · kg<sup>-1</sup> gleby); III - zróżnicowane zanieczyszczenie gleby nikiem (0, 50 i 100 mg Ni · kg<sup>-1</sup> gleby w formie roztworu wodnego  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Rośliną testową była trawa - kupkówka pospolita (*Dactylis Glomerata* L). Ogólną zawartość Zn i Cr w glebie oznaczono metodą ICP-AES, a frakcje tych metali 3-stopniową metodą BCR. Ogólna zawartość badanych metali w analizowanej glebie nie przekraczała dopuszczalnych norm. Wapnowanie spowodowało zmniejszenie udziału obu metali we frakcji wymiennej, redukowalnej i związanej z substancją organiczną oraz zwiększenie ich ogólnej zawartości i udziału we frakcji rezydualnej. Dodatek osadu ściekowego wpłynął na zmniejszenie ilości Zn i Cr we frakcji redukowalnej i rezydualnej oraz zwiększenie ich ogólnej zawartości i udziału we frakcji związanej z materią organiczną i siarczkami. Nie wykazano wpływu zróżnicowanej ilości Ni w glebie na ogólną zawartość Zn i Cr oraz ich rozmieszczenia w wydzielonych frakcjach.

**Słowa kluczowe:** gleba, nikiel, wapnowanie, osad ściekowy, analiza sekwencyjna, cynk, chrom

### Wprowadzenie

Znaczącą rolę w zanieczyszczeniu i degradacji środowiska, w tym również glebowego, mają metale ciężkie. Na zachowanie się metali ciężkich w glebach wpływa głównie: odczyn gleby, potencjał oksydacyjno-redukcyjny oraz obecność koloidów mineralnych [1, 2]. Spośród większości ocen ekotoksykologicznych gleby szczególne znaczenie ma specjacja metali ciężkich, która pozwala odnieść się do ich biodostępności. Powszechnie stosowane metody ekstrakcji sekwencyjnej umożliwiają identyfikację frakcji chemicznej metali ciężkich w środowisku glebowym, jak również ocenę ich dostępności i potencjalnej toksyczności dla biotycznych elementów łańcucha troficznego [3].

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu wapnowania i stosowania dodatku osadu ściekowego na udział cynku i chromu w różnych frakcjach wydzielonych według procedury BCR w glebie zanieczyszczonej nikiem.

### Materiał i metody badań

Do analiz wykorzystano glebę po trzyletnim doświadczeniu wazonowym, które przeprowadzono w latach 2006-2008 w układzie całkowicie losowym, w trzech powtórzeniach. Uwzględniono w nim następujące czynniki: I - wapnowanie (0 Ca i Ca wg

<sup>1</sup> Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce, email: bak.kuz@interia.pl, kalembasa@uph.edu.pl

I Hh gleby w formie  $\text{CaCO}_3$ ); II - dodatek osadu ściekowego (obiekty kontrolne i z dodatkiem osadu ściekowego pochodzącego z oczyszczalni ścieków w Siedlcach stosowanym w dawce odpowiadającej ilości  $2 \text{ g C} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby); III - zróżnicowane zanieczyszczenie gleby nikiem (0, 50 i  $100 \text{ mg Ni} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby w formie roztworu wodnego  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Wapnowanie, osad ściekowy oraz nikiel zastosowano w okresie kwiecień-maj 2006 roku. Rośliną testową była trawa: kupkówka pospolita (*Dactylis Glomerata* L), której w każdym sezonie wegetacyjnym zbierano po 4 pokosy. Materiał glebowy użyty w doświadczeniu był pobierany z warstwy 0-20 cm gleby powżej o uziarnieniu piasku gliniastego [4]. Podstawowe właściwości gleby przed założeniem doświadczenia podano w tabeli 1.

Tabela 1

Niektóre właściwości gleby wykorzystanej do doświadczenia wazonowego

Table 1

Some properties of soil used in the pot experiment

pH 1 M KCl	$\text{C}_{\text{org}}$	$\text{N}_{\text{całkow.}}$	Przyswajalny		Całkowity		
	$[\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ gleby}]$		P	K	Ni	Cr	Zn
			$[\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ gleby}]$		$[\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ gleby}]$		
5,6	7,9	0,98	69	75	5,67	2,46	7,93

Skład chemiczny zastosowanego w doświadczeniu osadu ściekowego podano w tabeli 2 [4].

Tabela 2

Skład chemiczny osadu ściekowego z Siedlec

Table 2

Chemical composition of sewage sludge from Siedlce

Składnik	$[\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}]$	Składnik	$[\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}]$
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
$\text{C}_{\text{org}}$	371	Zn	1276,8
MO	640	Cr	30,14
Sucha masa $[\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}]$		180	

Analizowano glebę po ostatnim pokosie rośliny testowej, w trzecim roku prowadzenia doświadczenia. Ogólną zawartość cynku i chromu w glebie oznaczono metodą ICP-AES po wcześniejszej mineralizacji próbek w piecu muflowym. Formy metali oznaczono 3-stopniową metodą frakcjonowania sekwencyjnego zaproponowaną przez *Community Bureau of Reference* (BCR) [5], która pozwala na wydzielenie następujących frakcji:  $F_1$  - wymiennej - ekstrahowanej  $0,1\text{M CH}_3\text{COOH}$ ,  $F_2$  - redukowalnej - ekstrahowanej  $0,5\text{M NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ ,  $F_3$  - utleniającej - ekstrahowanej  $8\text{M H}_2\text{O}_2 + 1\text{M CH}_3\text{COONH}_4$ ,  $F_4$  - rezydualnej, obliczonej z różnicy pomiędzy zawartością całkowitą a trzema wcześniej wydzielonymi frakcjami.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji z wykorzystaniem rozkładu F-Fishera-Snedecora wg programu F.R. Anal. Var 4.1, a wartość  $NIR_{0,05}$  obliczono wg testu Tukeya.

## Wyniki i dyskusja

Przeprowadzone badania własne jednoznacznie wykazały, że całkowita zawartość oznaczonych metali w analizowanej glebie nie przekraczała wartości tła geochemicznego i mieściła się w przedziale zawartości naturalnych [1, 6]. Podobne zawartości chromu w uprawianych glebach płowych stwierdzili Kalembasa i Pakuła [2] oraz Pakuła i Kalembasa [7].

Ogólna zawartość cynku w badanej glebie (tab. 3) mieściła się w przedziale wartości od 7,90 do 14,20  $mg \cdot kg^{-1}$  gleby i była istotnie uzależniona od wapnowania i dodatku osadu ściekowego. Zastosowane wapnowanie spowodowało niewielki wzrost ogólnej zawartości omawianego metalu w analizowanej glebie, co wiązać można z faktem, że wprowadzony do gleby nawóz wapniowy był zanieczyszczony związkami cynku.

Tabela 3

Zawartość [ $mg \cdot kg^{-1}$  gleby] cynku we frakcjach oznaczonych metodą BCR w analizowanej glebie

Table 3

The content [ $mg \cdot kg^{-1}$  of soil] of zinc in fractions determined by the BCR method in the analysed soil

Wapnowanie		0 Ca			Ca wg I Hh		
Nawożenie	Nr frakcji	Dawka niklu [ $mg \cdot kg^{-1}$ gleby]			Dawka niklu [ $mg \cdot kg^{-1}$ gleby]		
		0	50	100	0	50	100
Bez nawożenia organicznego	F <sub>1</sub>	0,66	0,68	0,70	0,39	0,37	0,37
	F <sub>2</sub>	20,2	2,06	2,05	2,47	2,35	2,41
	F <sub>3</sub>	1,52	1,63	1,60	1,26	1,30	1,30
	F <sub>4</sub>	3,70	3,53	3,55	3,88	4,00	3,98
Suma frakcji	Σ	7,90	7,90	7,90	8,00	8,02	8,06
Osad z Siedlec	F <sub>1</sub>	0,47	0,45	0,47	0,37	0,39	0,38
	F <sub>2</sub>	4,78	4,81	4,74	4,19	4,27	4,22
	F <sub>3</sub>	4,04	4,06	4,05	3,50	3,51	3,55
	F <sub>4</sub>	4,61	4,48	4,64	6,14	6,03	5,95
Suma frakcji	Σ	13,9	13,8	13,9	14,2	14,2	14,1

	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	Σ
$NIR_{(0,05)}$ dla:					
wapnowania	0,013	0,047	0,053	0,196	0,157
osadu z Siedlec	0,013	0,047	0,053	0,196	0,157
dawek niklu	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.

n.i. - nieistotne

Osad ściekowy z oczyszczalni ścieków w Siedlcach spowodował istotne zwiększenie ogólnej zawartości cynku w glebie (wraz z tym odpadowym materiałem organicznym wprowadzono do gleby 6,88  $mg Zn \cdot kg^{-1}$  gleby).

Udział omawianego metalu w wydzielonych sekwencyjnie frakcjach w glebie (tab. 3 i 4) ulegał istotnemu zróżnicowaniu zarówno pod wpływem wapnowania, jak i dodatku osadu ściekowego. Wapnowanie powodowało istotne zmniejszenie ilości cynku we frakcji wymiennej (F<sub>1</sub>) i związanej z materią organiczną (F<sub>3</sub>) oraz zwiększenie ilości we frakcji

rezydualnej ( $F_4$ ). Wpływ omawianego czynnika na udział cynku we frakcji związanej z tlenkami żelaza i manganu ( $F_2$ ) był niejednoznaczny.

Substancja organiczna wprowadzona do gleby w formie osadu ściekowego spowodowała zmniejszenie udziału analizowanego metalu we frakcji wymiennej ( $F_1$ ) i rezydualnej ( $F_4$ ), wzrost jego udziału we frakcji związanej z materią organiczną i siarczkami ( $F_3$ ), nie różnicując jednoznacznie jego udziału we frakcji rezydualnej ( $F_2$ ). Podobne rezultaty dotyczące odpadowych materiałów organicznych uzyskano we wcześniejszych badaniach [8].

Tabela 4

Procentowy udział frakcji cynku w analizowanej glebie

Table 4

The percentage share of zinc fraction in the analysed soil

Wapnowanie		0 Ca			Ca wg 1 Hh		
Nawożenie	Nr frakcji	Dawka niklu [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby]			Dawka niklu [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby]		
		0	50	100	0	50	100
Bez nawożenia organicznego	$F_1$	8,61	8,61	8,86	4,88	4,61	4,59
	$F_2$	25,60	26,08	25,95	30,87	29,30	29,90
	$F_3$	19,24	20,63	20,25	15,75	16,21	16,13
	$F_4$	46,55	44,68	44,94	48,50	49,88	49,38
Suma frakcji	$\Sigma$	100	100	100	100	100	100
Osad z Siedlec	$F_1$	3,38	3,26	3,38	2,61	2,75	2,70
	$F_2$	34,39	34,86	34,10	29,51	30,07	29,93
	$F_3$	29,06	29,42	29,14	24,65	24,72	25,18
	$F_4$	33,17	32,47	33,38	43,23	42,46	42,19
Suma frakcji	$\Sigma$	100	100	100	100	100	100

Tabela 5

Zawartość [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby] chromu we frakcjach oznaczonych metodą BCR w analizowanej glebie

Table 5

The content [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  of soil] of chromium in fractions determined by the BCR method in the analysed soil

Wapnowanie		0 Ca			Ca wg 1 Hh;		
Nawożenie	Nr frakcji	Dawka niklu [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby]			Dawka niklu [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby]		
		0	50	100	0	50	100
Bez nawożenia organicznego	$F_1$	0,099	0,102	0,100	0,085	0,087	0,084
	$F_2$	0,289	0,286	0,290	0,358	0,350	0,357
	$F_3$	0,660	0,680	0,690	0,580	0,570	0,570
	$F_4$	1,352	1,342	1,350	1,417	1,438	1,429
Suma frakcji	$\Sigma$	2,40	2,41	2,43	2,44	2,44	2,44
Osad z Siedlec	$F_1$	0,073	0,070	0,075	0,059	0,062	0,064
	$F_2$	0,376	0,362	0,360	0,305	0,273	0,294
	$F_3$	0,861	0,873	0,878	0,730	0,740	0,780
	$F_4$	1,220	1,255	1,247	1,496	1,565	1,462
Suma frakcji	$\Sigma$	2,53	2,56	2,56	2,59	2,61	2,60

	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$\Sigma$
NIR <sub>(0,05)</sub> dla:					
wapnowania	0,003	n.i.	0,017	n.i.	0,015
osadu z Siedlec	0,003	0,006	0,017	n.i.	0,015
dawek niklu	n.i.	0,008	n.i.	n.i.	n.i.

n.i. - nieistotne

W przeprowadzonych badaniach nie wykazano istotnego wpływu zróżnicowanej zawartości niklu w glebie na ogólną zawartość cynku i jego rozmieszczenie w poszczególnych frakcjach. Średni procentowy udział analizowanego metalu w wydzielonych frakcjach można przedstawić w szeregu malejących wartości:  $F_4 > F_2 > F_3 > F_1$ .

Ogólna zawartość chromu w analizowanej glebie wahała się w granicach od 2,40 do 2,61  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby. Zarówno zawartość ogólna tego metalu, jak i jego udział w poszczególnych frakcjach w glebie zależały istotnie od wapnowania i dodatku osadu ściekowego (tab. 5 i 6). Nie stwierdzono jedynie wpływu badanych czynników na udział chromu we frakcji rezydualnej ( $F_4$ ).

Tabela 6

Procentowy udział frakcji chromu w analizowanej glebie

Table 6

The percentage share of chromium fraction in the analysed soil

Wapnowanie		0 Ca			Ca wg 1 Hh		
Nawożenie	Nr frakcji	Dawka niklu [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby]			Dawka niklu [ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby]		
		0	50	100	0	50	100
Bez nawożenia organicznego	F <sub>1</sub>	4,13	4,23	4,12	3,48	3,57	3,44
	F <sub>2</sub>	12,04	11,87	11,93	14,67	14,34	14,63
	F <sub>3</sub>	27,50	28,22	28,40	23,77	23,36	23,36
	F <sub>4</sub>	56,33	55,68	55,55	58,08	58,73	58,57
Suma frakcji	Σ	100	100	100	100	100	100
Osad z Siedlec	F <sub>1</sub>	2,89	2,73	2,93	2,28	2,38	2,46
	F <sub>2</sub>	14,86	14,14	14,06	11,78	10,46	11,31
	F <sub>3</sub>	34,03	34,10	34,29	28,19	28,35	30,00
	F <sub>4</sub>	51,11	49,03	48,72	57,75	58,81	56,23
Suma frakcji	Σ	100	100	100	100	100	100

Wprowadzenie do gleby węgla wapnia spowodowało niewielki wzrost całkowitej zawartości chromu. Wraz z osadem ściekowym wprowadzono do gleby 0,16  $\text{mg Cr} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby, dlatego czynnik ten istotnie różnicował ogólną zawartość omawianego metalu.

Analiza chemiczna wykazała zróżnicowaną zawartość chromu w wydzielonych sekwencyjnie frakcjach (tab. 5 i 6). Najmniej analizowanego metalu wydzielono we frakcji wymiennej ( $F_1$ ): 2,28% - 4,28% ogólnej zawartości, a najwięcej we frakcji rezydualnej ( $F_4$ ): 24,72% - 58,81% ogólnej zawartości.

Średni procentowy udział frakcji chromu można przedstawić w szeregu malejących wartości:  $F_4 > F_2 > F_3 > F_1$ . Podobny szereg przedstawili w swoich badaniach Bacon i in. [9], Kalembasa i Pakuła [2], Pakuła i Kalembasa [7].

Na wszystkich obiektach nawozowych zastosowane wapnowanie spowodowało zmniejszenie udziału omawianego metalu we frakcji wymiennej ( $F_1$ ). Pod wpływem tego czynnika stwierdzono również zmniejszenie udziału omawianego metalu we frakcji związanej z substancją organiczną i siarczkami ( $F_3$ ).

Zastosowanie osadu ściekowego przyczyniło się do zmniejszenia udziału chromu we frakcji wymiennej ( $F_1$ ) i redukowalnej ( $F_2$ ) oraz zwiększenie jego udziału we frakcji związanej z materią organiczną i siarczkami ( $F_3$ ). Nie stwierdzono wpływu omawianego czynnika na ilość chromu we frakcji rezydualnej ( $F_4$ ). Przeprowadzona analiza statystyczna

nie potwierdziła istotnego wpływu wzrastających ilości niklu w glebie na ogólną zawartość chromu i jego udział w oznaczanych wg procedury BCR frakcjach, z wyjątkiem frakcji związanej z tlenkami żelaza i manganu ( $F_2$ ), ale był to wpływ niejednoznaczny.

W podsumowaniu przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że oba badane w doświadczeniu czynniki - wapnowanie i stosowanie dodatku osadu ściekowego modyfikowały ogólną zawartość cynku i chromu w glebie oraz ich udział we frakcjach wydzielonych wg procedury BCR. Zarówno wapnowanie, jak i stosowanie osadu ściekowego spowodowało zwiększenie ogólnej ilości obu omawianych metali w analizowanej glebie. Wprowadzenie do gleby węglanu wapnia spowodowało zmniejszenie ilości obu metali we frakcji wymiennej ( $F_1$ ) i związanej z materią organiczną i siarczkami ( $F_3$ ) oraz dodatkowo zmniejszenie ilości cynku we frakcji związanej z tlenkami żelaza i manganu ( $F_2$ ).

Osad ściekowy spowodował zmniejszenie udziału obu metali we frakcji wymiennej ( $F_1$ ) oraz wzrost ich udziału we frakcji związanej z materią organiczną i siarczkami ( $F_3$ ).

Zarówno węglan wapnia, jak i osad ściekowy okazały się być dobrymi substancjami ograniczającymi mobilność omawianych metali ciężkich w glebie, co jest zgodne z rezultatami uzyskanymi przez Karczewską i in. [10].

W przeprowadzonych badaniach nie wykazano istotnego wpływu wzrastającej dawki niklu w glebie na ogólna ilość cynku i chromu w glebie oraz ich udziału we frakcjach wydzielonych wg procedury BCR.

## Wnioski

1. Ogólna zawartość cynku i chromu w badanej glebie nie przekraczała wartości tła geochemicznego.
2. Najmniejszą ilość cynku i chromu w analizowanej glebie oznaczono we frakcji wymiennej ( $F_1$ ), a największą we frakcji rezydualnej ( $F_4$ ).
3. Wapnowanie spowodowało zmniejszenie udziału obu metali we frakcji wymiennej ( $F_1$ ) i związanej z substancją organiczną i siarczkami ( $F_3$ ) oraz zwiększenie ich ogólnej zawartości.
4. Wprowadzenie do gleby dodatku osadu ściekowego spowodowało zmniejszenie udziału cynku i chromu we frakcji wymiennej ( $F_1$ ) i zwiększenie ich udziału we frakcji związanej z substancją organiczną i siarczkami ( $F_3$ ).
5. Nie wykazano istotnego wpływu zróżnicowanej ilości niklu w glebie na ogólną zawartość cynku i chromu w glebie oraz ich rozmieszczenie w poszczególnych frakcjach.

## Literatura

- [1] Kabata-Pendias A, Pendias H. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 1999.
- [2] Kalembasa D, Pakuła K. Chrom w sekwencyjnie wydzielonych frakcjach z gleb brunatnoziemnych Wysoczyzny Siedleckiej. Zesz Probl Podst Nauk Roln. 2009; 542:721-728.
- [3] Kalembkiewicz J, Soćko E. Ekstrakcja sekwencyjna metali z próbek środowiskowych. Wiad Chem. 2005;59(7-8):697-721.
- [4] Kuziemska B, Kalembasa S. Wpływ wapnowania, nawożenia organicznego oraz zanieczyszczenia gleby nikiem na aktywność ureazy, zawartość węgla i azotu w glebie po kolejnych zbiorach kupkówki pospolitej. Zesz Probl Post Nauk Roln. 2008;533:259-267.

- [5] Rauret G, Lopez-Sanchez JF, Sahuquillo A, Rügge R, Davidson C, Ure A, et al. Improvement and soil reference materials. *J Environ Monit.* 1999;1:57-61.
- [6] Czarnowska K. Ogólna zawartość metali ciężkich w skałach macierzystych jako tło geochemiczne gleb. *Rocz Glebozn.* 1996;47:43-50.
- [7] Pakuła K, Kalembsa D. Fractions of chromium and lead in forest Invisols of south Podlasie lowland. *Environ Protect Eng.* 2009;35(1):57-64.
- [8] Kalembsa S, Kuziemska B, Godlewska A. Frakcje cynku i miedzi w wybranych materiałach organicznych. *Zesz Probl Podst Nauk Roln.* 2007;512:297-304.
- [9] Bacon JR, Hewitt J, Cooper P. Reproducibility of the BCR sequential extraction procedure in a long-term study of the association of heavy metals with soil components in an upland catchment in Scotland. *Sci Total Environ.* 2005;337:191-205.
- [10] Karczewska M, Wojcieszka-Wyskupajtyś U. Metale ciężkie w glebach zanieczyszczonych emisjami hut miedzi - formy i rozpuszczalność. *Zesz Nauk AR Wrocław. Rozprawy CLXXXIV;* 1996.

### **EFFECT OF LIMING AND SEWAGE SLUDGE ADDITION ON THE DISTRIBUTION OF THE FRACTION OF Zn AND Cr IN SOIL CONTAMINATED WITH NICKEL**

Department of Soil Science and Plant Nutrition, Siedlce University of Natural Science and Humanities

**Abstract:** The total content of Zn and Cr and its distribution in fractions separated according to the BCR procedure was determined in soil taken after a three-year pot experiment. The following factors were taken into account in the experiment: I - liming (0 Ca and Ca according to 1 Hh of soil as  $\text{CaCO}_3$ ); II - addition of sludge (without addition of sludge and addition of sludge from the wastewater treatment in Siedlce, applied at  $2 \text{ g C} \cdot \text{kg}^{-1}$  of soil); III - varied level of contamination with nickel (0, 50 and  $100 \text{ mg Ni} \cdot \text{kg}^{-1}$  of soil as aqueous solution of  $\text{NiCl}_2 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$ ). Orchard grass (*Dactylis Glomerata* L.) was used as the test plant. The total content of Zn and Cr in soil was determined by ICP-AES, and the fractions of those metals by the 3-step BCR method. The total content of the metals in the analysed soil did not exceed the highest acceptable standards. Liming reduced the metal content in the exchangeable, reducible and organic matter-related fraction and increased their content in the residual fraction. Addition of sludge reduced the Zn and Cr content in the reducible and residual fraction and increased their total content and share in the organic matter- and sulphides-related fraction. No effect of the varied Ni amount on the total content of Zn and Cr or their distribution in the fractions has been found.

**Keywords:** soil, nickel, liming, sewage sludge, sequential extraction procedure, zinc, chromium

