

Krzysztof Pakuła

FRAKCJE OŁOWIU, CHROMU, CYNKU, MIEDZI I NIKLU W POZIOMIE PRÓCHNICZNYM GLEB POŁOŻONYCH WZDŁUŻ OBWODNICY SIEDLEC

Streszczenie. Celem podjętych badań była ocena zawartości ołowiu, chromu, cynku, miedzi i niklu oraz ich czterech frakcji (wymiennej – F1, redukowalnej v F2, utleniającej – F3 rezydualnej – F4), wydzielonych za pomocą metody rekomendowanej przez the European Union's Standards, Measurements and Testing program (dawniej BCR), w poziomie próchnicznym gleb uprawnych (0 – 20 cm), położonych wzdłuż obwodnicy miasta Siedlce. W analizowanych glebach stwierdzono zróżnicowaną zawartość czterech frakcji ołowiu, chromu, cynku, miedzi i niklu, a ich średni udział w zawartości ogólnej danego metalu, (niezależnie od grupy granulometrycznej), można przedstawić w następujących malejących szeregach: Pb - F2 > F3 > F4 > F1; Cr - F4 > F3 > F2 > F1; Zn - F2 > F4 > F1 > F3; Cu - F3 > F4 > F2 > F1; Ni - F4 > F3 > F2 > F1. Obliczenia statystyczne wykazały istotny wpływ wybranych właściwości badanych gleb (zawartość ogólna badanego metalu, pojemność sorpcyjna, C_{org}, frakcja ilowa $\phi < 0,002$ mm) na specjację ołowiu, chromu, cynku, miedzi i niklu.

Słowa kluczowe: ekstrakcja sekwencyjna, frakcje metali ciężkich, ruch drogowy, gleby uprawne.

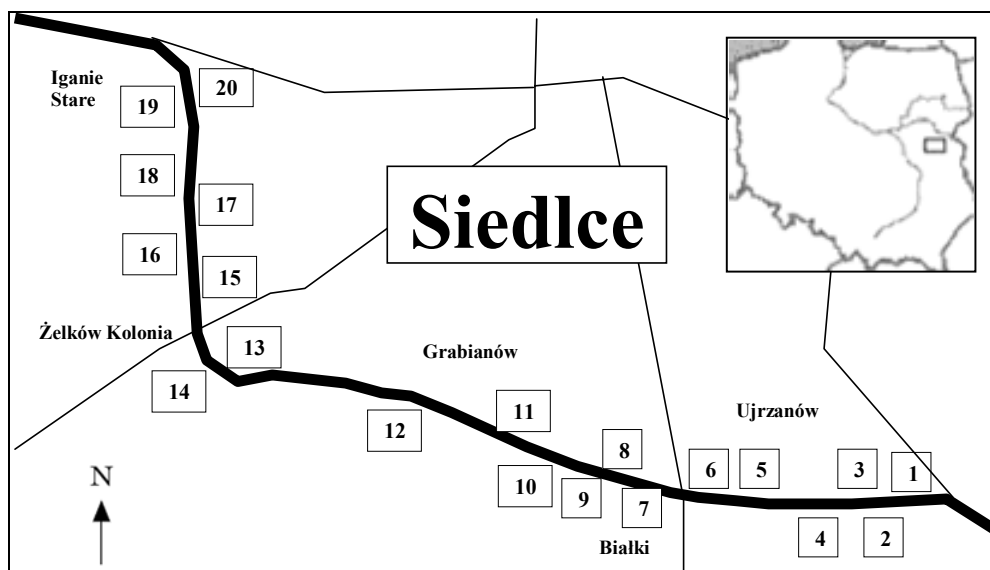
WSTĘP

W glebach użytków rolnych położonych w bezpośrednim sąsiedztwie ruchliwych tras komunikacyjnych zwiększa się zawartość metali ciężkich w odniesieniu do tła geochemicznego, a zwłaszcza udział ich form biodostępnych w stosunku do potrzeb fizjologicznych roślin i zwierząt [3]. Zróżnicowanie zawartości metali ciężkich w poziomie powierzchniowym gleby i ich aktywność w środowisku glebowym zależy od wielu czynników i procesów naturalnych i antropogenicznych [1]. Analiza sekwencyjna dostarcza informacji o formach i frakcjach metali ciężkich, składających się na ich całkowitą zawartość, które pod wpływem zmiennych procesów chemicznych i biochemicznych mogą zwiększać swoją mobilność i toksycznie oddziaływać na troficzne elementy łańcucha pokarmowego [9, 13].

Celem podjętych badań była ocena zawartości ołowiu, chromu, cynku, miedzi i niklu oraz ich frakcji, w poziomie próchnicznym gleb uprawnych położonych wzdłuż obwodnicy miasta Siedlce.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Obiektem badań były grunty orne położone przy obwodnicy siedleckiej, w granicach administracyjnych miejscowości Iganie Stare, Żelków Kolonia, Grabianów i Ujrzanów (monitorowane od 1999 roku, w cyklu 5-letnim). Obwodnica miasta Siedlce powstała w latach osiemdziesiątych XX wieku i stanowi 10 kilometrowy odcinek międzynarodowej trasy E-30, okalający miasto od strony południowo-zachodniej i południowej. Materiał do badań pobrano w 2009 roku z poziomu próchnicznego gleb (0-20 cm), w 20 reprezentatywnych punktach, oddalonych 10 m od krawędzi jezdni (rys. 1).



Rys. 1. Lokalizacja punktów poboru próbek glebowych przy obwodnicy miasta Siedlce

Fig. 1. The location of soils sampling sites along the Siedlce ring road

W powietrznie suchych próbkach gleby zbadano: skład granulometryczny według Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego [PTG 2009] – metodą areometryczną, pH w 1 mol $\text{KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ – potencjometrycznie, węgiel związków organicznych (C_{org}) – metodą oksydacyjno-miareczkową [Kalembasa, Kalembasa 1992]. Obliczono wartość kationowej pojemności sorpcyjnej (PWK), na podstawie kwasowości hydrolitycznej (Hh) i sumy kationów o charakterze zasadowym (S), oznaczonych metodą Kappena. Zawartość ogólną ołowiu (Pb_t), chromu (Cr_t), cynku (Zn_t), miedzi (Cu_t) i niklu (Ni_t) oznaczono metodą ICP–AES, po mineralizacji próbek w mieszaninie stężonego HCl i HNO_3 (3 : 1).

Frakcjonowanie sekwencyjne metali ciężkich przeprowadzono według metody rekomendowanej przez the European Union's Standards, Measurements and Testing program (SM&T, dawniej BCR) [13], która umożliwia wydzielenie frakcji: F1 – wymiennej, łatwo rozpuszczalnej w środowisku kwaśnym za pomocą $0,11 \text{ mol } \text{CH}_3\text{COOH} \cdot \text{dm}^{-3}$ o pH = 3; F2 – redukowalnej (tlenkowej), związanej z tlenkami Fe

i Mn, rozpuszczalnej w $0,5 \text{ mol NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$ o $\text{pH} = 2$; F3 – utleniającej (organicznej), związanej z substancją organiczną i siarczkami, ekstrahowanej w $8,8 \text{ mol H}_2\text{O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz $1 \text{ mol CH}_3\text{COONH}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ o $\text{pH} = 2$. Frakcję rezydualną (F4) obliczono z różnicy pomiędzy zawartością ogólną badanych metali a sumą frakcji F1, F2 i F3. Zawartość poszczególnych frakcji ołowiu, chromu, cynku, miedzi i niklu oznaczono metodą ICP-AES. Procentowy udział poszczególnych frakcji obliczono w stosunku do zawartości ogólnej danego metalu. Poprawność oznaczenia analitycznego sprawdzono, stosując metodę dodatku wzorca do każdej analizowanej próbki. W analizie uwzględniono także próbki kontrolne, obejmujące stosowane (odpowiednio) odczynniki chemiczne.

WYNIKI I DYSKUSJA

Badany materiał glebowy zaliczono do piasków słabo gliniastych, piasków gliniastych i glin piaszczystych, których wybrane fizyczne, fizykochemiczne i chemiczne właściwości przedstawiono w tabeli 1. W poziomie próchnicznym (0-20 cm) badanych gleb stwierdzono zróżnicowaną zawartość metali ciężkich, która wynosiła średnio ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$): 21,1 – Zn; 8,01 – Cr; 6,89 – Pb; 4,10 – Ni; 2,71 – Cu. Zawartość chromu, niklu i miedzi była nieco większa, a cynku i ołowiu – mniejsza w porównaniu z zawartością tych metali oznaczonych w roku 2004, ale mieściła się w przedziałach zawartości tych pierwiastków przedstawionych we wcześniejszych badaniach tych gleb [6-8]. W badanych glebach stwierdzono na ogół wyższą zawartość metali w glinach piaszczystych oraz w glebach z większą zawartością węgla związków organicznych (C_{org}). Zawartość metali w badanych glebach nie przekraczała dopuszczalnych stężeń klasyfikujących gleby do użytkowania rolniczego podanych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska [14] i mieściła się w przedziale zawartości naturalnych, opracowanych przez IUNG [4]. Kalembasa i in. [6-8] w przeprowadzonych wcześniej badaniach stwierdzili w tych glebach naturalną zawartość metali ciężkich, a tylko punktowo podwyższoną zawartość ołowiu lub słabe zanieczyszczenie tym pierwiastkiem. Brak ujemnego oddziaływania ruchu drogowego na kumulację metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleb położonych wzdłuż szlaków komunikacyjnych, stwierdzili również Klimowicz i Melke [11], Laskowski i in. [12], Gondek i Filipek-Mazur [2], Kalembasa i in. [8].

W analizowanych glebach stwierdzono zróżnicowaną zawartość czterech frakcji ołowiu, chromu, cynku, miedzi i niklu, wydzielonych za pomocą metody BCR (tab. 2). Średni udział (%) wydzielonych frakcji metali ciężkich w ich zawartości ogólnej, (niezależnie od grupy granulometrycznej), można przedstawić w następujących malejących szeregach: Pb - F2 (52,2) > F3 (23,6) > F4 (18,3) > F1 (5,6); Cr - F4 (57,5) > F3 (18,9) > F2 (14,3) > F1 (9,3); Zn - F2 (30,1) > F4 (28,0) > F1 (23,3) > F3 (18,7); Cu - F3 (39,5) > F4 (37,2) > F2 (14,6) > F1 (8,7), Ni – F4 (50,6) > F3 (28,5) > F2 (11,7) > F1 (9,3). Najwięcej frakcji wymiennej (łatwo rozpuszczalnej i bioprzyswajalnej - F1) metali ciężkich, stwierdzono w utworach piaszczystych, a zwłaszcza w piasku słabo gliniastym (Pb – 6,4 %; Cr – 11,9 %; Zn – 25,7 %; Ni – 11,0 %; Cu – 11,2 %).

Tabela 1. Wybrane właściwości poziomu próchnicznego badanych gleb położonych przy obwodnicy miasta Siedlce

Table 1. Some properties of the humic horizon of investigated soils situated along the Siedlce ring road

Punkt poboru próbek Sampling sites	Piasek Sand	Pył Silt	Il Clay	pH _{KCl}	PWK* CEC	C _{org}	Pb _t	Cr _t	Zn _t	Cu _t	Ni _t
	2-0,05	0,05-0,002	< 0,002		mmol(+)*kg ⁻¹	g*kg ⁻¹	mg*kg ⁻¹				
% frakcji o średnicy w mm % fraction of diameter in mm											
Gлина piaszczysta, Sandy loam											
1	66	30	4	5,82	115	14,6	8,45	8,53	21,0	3,70	4,60
2	58	36	6	6,75	155	13,0	7,68	9,98	25,4	3,55	4,73
3	64	31	5	4,31	81,4	12,6	9,96	9,26	22,2	3,41	4,18
4	70	26	4	4,43	65,2	11,8	12,1	7,95	22,6	2,68	3,91
5	65	31	4	6,62	113	12,5	8,17	8,92	21,9	3,10	4,28
6	60	34	6	6,94	154	16,6	9,02	10,8	22,9	2,95	4,16
7	70	26	4	6,11	113	17,4	7,72	9,21	21,9	2,71	3,75
10	67	28	5	4,56	117	10,6	6,54	8,98	23,6	2,97	4,00
11	70	24	6	7,11	169	10,2	6,76	9,71	22,1	3,14	5,68
16	67	26	7	4,36	140	24,6	10,6	11,2	31,7	3,01	5,96
17	65	30	5	5,16	115	13,5	8,52	9,98	22,9	3,78	4,99
18	70	25	5	5,86	99,8	13,9	5,58	10,3	23,4	3,50	4,08
19	67	27	6	6,15	150	23,1	8,47	9,86	26,6	3,21	4,70
20	70	24	6	6,35	166	19,4	11,1	11,9	26,5	4,87	5,70
Piasek gliniasty, Loamy sand											
8	77	19	4	4,33	67,4	10,3	6,59	9,20	23,4	2,57	3,98
9	74	23	3	4,67	68,5	10,4	7,56	8,91	23,5	2,32	4,18
12	80	14	6	5,36	65,3	11,0	5,13	7,39	17,5	2,90	4,16
Piasek słabo gliniasty, Weakly loamy sand											
13	90	7	3	4,51	51,2	9,71	6,76	6,03	17,8	2,36	3,61
14	87	8	5	4,08	51,2	9,80	5,80	5,29	17,5	1,45	2,62
15	87	7	6	5,12	64,0	10,1	4,72	6,26	17,7	2,74	4,22

*PWK - kationowa pojemność sorpcyjna; CEC - cation exchangeable capacity

Największy udział frakcji redukowalnej (F2) badanych pierwiastków w ich zawartości ogólnej zanotowano w piasku słabo gliniastym (Pb – 54,2%; Cr – 16,9%; Zn – 33,1%; Ni – 13,2%), a frakcji utleniającej (F3) – w glinie piaszczystej o dużej zawartości węgla związków organicznych (Pb – 26,6%; Cr – 20,3%; Zn – 24,0%; Ni – 32,8%; Cu – 45,8%). Najwięcej frakcji rezydualnej (F4) ołowiu, chromu i cynku stwierdzono w glinie piaszczystej (odpowiednio: 19,2%, 61,0%, 28,1%), a miedzi i niklu w piasku słabo gliniastym – 42,8% i 53,3%. Zróżnicowanie to może wynikać z natury geochemicznej danego pierwiastka i specyficznych warunków środowiska glebowego (odczyn, pojemność sorpcyjna, zawartość węgla związków organicznych) [3, 9]. Kalembsa i in [8] wydziałli za pomocą metody Zeienai Brümmers, w powierzchniowym poziomie gleb wytworzonych z gliny piaszczystej oraz piasków gliniastych i słabo gliniastych, najwięcej frakcji rezydualnej tlenkowej (okładowanej na amorficznych FeO_x) cynku, miedzi, niklu i chromu oraz frakcji organicznej ołowiu, a najmniej frakcji łatwo rozpuszczalnej (Pb, Cu) i frakcji związanej z MnO_x (Cr, Zn, Ni).

Tabela 2. Średni udział (%) frakcji metali ciężkich w ich zawartości ogólnej, w poziomie próchnicznym badanych gleb położonych wzdłuż obwodnicy siedleckiej

Table 2. The mean percentage contribution of heavy metals fractions in their total content in the humic horizon of investigated soils situated along the Siedlce ring road

Metal	Grupa granulometryczna Granulometric group	Frakcja Fraction			
		F1	F2	F3	F4
Pb	gp	5,1	49,1	26,6	19,2
	pg	5,2	53,3	23,4	18,1
	ps	6,4	54,2	20,7	17,7
Cr	gp	7,3	11,4	20,3	61,0
	pg	8,8	14,5	18,4	58,3
	ps	11,9	16,9	17,9	53,3
Zn	gp	19,3	28,6	24,0	28,1
	pg	24,8	28,7	18,6	27,9
	ps	25,7	33,1	13,4	27,8
Cu	gp	6,6	13,8	45,8	33,8
	pg	8,1	16,8	40,0	35,1
	ps	11,2	13,2	32,8	42,8
Ni	gp	7,8	10,9	32,8	48,5
	pg	8,9	11,0	30,2	49,9
	ps	11,0	13,2	22,5	53,3

gp – glina piaszczysta, sandy loam; pg – piasek gliniasty, loamy sand; ps – piasek słabo gliniasty, weakly loamy sand

Frakcja: F1- wymienna, F2 – redukowalna (związana z tlenkami Fe i Mn), F3 – utleniaalna (związana z materią organiczną), F4 – rezydualna; Fraction: F1- exchangeable, F2 – reducible (bound to Fe-Mn oxide), F3 – oxidizable (bound to organic matter), F4 – residual

Davidson i in. [1] podają, że w wierzchniej warstwie (0-10 cm) gleb położonych przy ruchliwych trasach komunikacyjnych, ołów tworzy przede wszystkim połączenia z glebową substancją organiczną, a najwięcej chromu, cynku, niklu i miedzi występuje we frakcji rezydualnej. Tokalioglu i in. [15] zanotowali w powierzchniowej warstwie gleb (0-15 cm), zlokalizowanych 10 m od jezdni, dominację frakcji rezydualnej w specjacji metali ciężkich, a najmniej ołowiu, chromu, cynku, niklu i miedzi stwierdzili we frakcji łatwo rozpuszczalnej i wymiennej.

W poziomie próchnicznym badanych gleb stwierdzono istotne związki korelacyjne przeważnie pomiędzy wydzielonymi frakcjami metali ciężkich i ich zawartością ogólną (głównie ołów, chrom i nikiel), kationową pojemnością sorpcyjną (głównie chrom i nikiel), zawartością węgla związków organicznych (głównie nikiel) i frakcją łu (głównie chrom) (tab. 3). Frakcja wymienna (F1) badanych metali była istotnie ujemnie zależna od zawartości ogólnej danego metalu, kationowej pojemności sorpcyjnej (Cr, Zn, Cu, Ni), zawartości węgla związków organicznych (Cr, Zn, Cu, Ni) i zawartości frakcji łu (Cr, Zn, Cu). Zawartość frakcji redukowalnej (F2) analizowanych metali ciężkich ujemnie korelowała z zawartością ogólną (Pb, Cr, Ni), kationową pojemnością sorpcyjną (Cr, Ni) i zawartością węgla związków organicznych (Pb, Ni). W analizowanych glebach zanotowano wysoko istotny dodatni wpływ zawartości C_{org} na frakcję utlenialną

(F3) ołowiu, chromu, cynku, niklu i miedzi oraz istotny dodatni wpływ frakcji ilowej ($\varnothing < 0,002$ mm) na frakcje F3 i F4 chromu i niklu. W badanych glebach nie stwierdzono istotnego wpływu pH gleby na specjację metali ciężkich.

Tabela 3. Współczynniki korelacji prostej pomiędzy frakcjami metali ciężkich i wybranymi właściwościami poziomu próchnicznego badanych gleb

Table 3. The correlation coefficient between the heavy metals fractions and some properties of the humic horizon of investigated soils

Metal	Parametr	Frakcja Fraction			
		F1	F2	F3	F4
Pb	Pb _t	-0,456	-0,639	0,618	0,459
	pH _{KCl}	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	PWK	n.i.	n.i.	0,454	n.i.
	C _{org}	n.i.	-0,496	0,658	n.i.
	$\varnothing < 0,002$	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Cr	Cr _t	-0,843	-0,467	0,476	0,526
	pH _{KCl}	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	PWK	-0,670	-0,536	0,518	0,541
	C _{org}	-0,654	n.i.	0,678	n.i.
	$\varnothing < 0,002$	-0,463	n.i.	0,450	0,758
Zn	Zn _t	-0,794	n.i.	0,813	n.i.
	pH _{KCl}	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	PWK	-0,691	n.i.	0,766	n.i.
	C _{org}	-0,701	n.i.	0,684	n.i.
	$\varnothing < 0,002$	-0,457	n.i.	n.i.	n.i.
Cu	Cu _t	-0,500	n.i.	0,599	-0,450
	pH _{KCl}	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	PWK	-0,747	n.i.	0,574	n.i.
	C _{org}	-0,642	n.i.	0,682	n.i.
	$\varnothing < 0,002$	-0,583	n.i.	n.i.	n.i.
Ni	Ni _t	-0,495	-0,454	0,725	-0,677
	pH _{KCl}	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
	PWK	-0,555	-0,465	0,671	-0,569
	C _{org}	-0,527	-0,450	0,771	-0,737
	$\varnothing < 0,002$	n.i.	n.i.	0,449	0,504

$\alpha = 0,05$; $r = 0,444$; $\alpha = 0,01$; $r = 0,561$; n.i. – nie istotne, not significant

Frakcja: F1- wymienna, F2 – redukowalna (związana z tlenkami Fe i Mn), F3 – utleniająca (związana z materią organiczną), F4 – rezydualna; Fraction: F1- exchangeable, F2 – reducible (bound to Fe-Mn oxide), F3 – oxidizable (bound to organic matter), F4 – residual

Specjacja Pb, Cr, Zn, Cu i Ni w środowisku glebowym zależy w znacznym stopniu od wartości pH i kationowej pojemności sorpcyjnej oraz zawartości węgla związków organicznych i frakcji łu [3]. Kalembasa i in. [8], stwierdzili, w powierzchniowym poziomie gleb zbudowanym z gliny piaszczystej przy obwodnicy siedleckiej, najsilniejsze związki korelacyjne pomiędzy frakcją rezydualną (F7) metali ciężkich a zawartością ogólną danego metalu, pH, kationową pojemnością sorpcyjną, węglem związków organicznych i frakcją ilową.

WNIOSKI

1. W poziomie próchnicznym gleb położonych wzdłuż obwodnicy miasta Siedlce stwierdzono zróżnicowaną zawartość ogólną metali ciężkich, których średnie wartości (mg kg^{-1}) kształtowały się na poziomie: Zn (21,1), Cr (8,01), Pb (6,89), Ni (4,10), Cu (2,71). Zawartość metali w badanych glebach nie przekraczała dopuszczalnych stężeń i mieściła się w przedziale zawartości naturalnych.
2. W analizowanych glebach stwierdzono zróżnicowaną zawartość czterech frakcji ołowiu, chromu, cynku, miedzi i niklu, a ich średni udział w zawartości ogólnej badanych metali, (niezależnie od grupy granulometrycznej), można przedstawić w szeregach malejących wartości: Pb - F2 > F3 > F4 > F1; Cr - F4 > F3 > F2 > F1; Zn - F2 > F4 > F1 > F3; Cu - F3 > F4 > F2 > F1; Ni - F4 > F3 > F2 > F1.
3. Po 25 latach użytkowania obwodnicy siedleckiej nie stwierdzono negatywnego wpływu transportu drogowego na zawartość ogólną metali ciężkich i ich frakcji, w poziomie próchnicznym gleb położonych wzdłuż tego szlaku komunikacyjnego. Zawartość frakcji wymiennej (F1), najbardziej biodostępnej, badanych metali, zwłaszcza w utworach piaszczystych, może stanowić zagrożenie (aktualne lub potencjalne) dla biotycznych ogniw łańcucha pokarmowego.
4. Obliczenia statystyczne wykazały istotny wpływ wybranych właściwości badanych gleb (zawartość ogólna analizowanego metalu, pojemność sorpcyjna, C_{org} , frakcja iłowa $\varnothing < 0,002$ mm) na specjację ołowiu, chromu, cynku, miedzi i niklu. W badanych glebach nie stwierdzono istotnego wpływu pH gleby na specjację metali ciężkich.

PIŚMIENNICTWO

1. Davidson C. M., Urquhart G. J., Ajmone-Marsan F., Biasioli M., Costa Duarte A., Diaz-Barrientose., Grcman H., Hossack I., Hursthouse A. S., Madrid L., Rodrigues S., Zupan M. 2006. Fractionation of potentially toxic elements in urban soils from five European cities by means of a harmonised sequential extraction procedure. *Analytica Chimica Acta* 565: 63-72.
2. Gondek K., Filipek-Mazur B. 2007. Oddziaływanie zanieczyszczeń komunikacyjnych wzdłuż drogi krajowej nr 4 (Bochnia-Sędziszów Małopolski) na zawartość pierwiastków śladowych w glebie i runi łąkowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 520: 47-54.
3. Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa: 398 ss.
4. Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Motowicka-Terelak H., Maliszewska-Kordybach B., Filipek K., Krakowiak A., Pietrzak C. 1995. *Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb*. Bibliot. Monit. Środ., Wyd. IOŚ Warszawa: 41 ss.
5. Kalembsa S., Kalembsa D. 1992. The quick method for the determination of C:N ratio in mineral soils. *Polish J. Soil Sci.* 25, 1: 41-46.
6. Kalembsa D., Pakuła K., Becher M. 2001. Akumulacja ołowiu, kadmu i cynku w glebach leżących wzdłuż obwodnicy siedleckiej. W: *Obieg pierwiastków w przyrodzie*. Monografia tom I, Wyd. IOŚ: 62-65.
7. Kalembsa D., Pakuła K., Becher M. 2005. Zawartość chromu, niklu, miedzi i manganu w glebach położonych wzdłuż obwodnicy siedleckiej. *J. Elementology* 10(2): 315-324.

8. Kalembasa D., Pakuła K., Becher M., Jaremko D. 2008. Frakcje metali ciężkich w glebach położonych wzdłuż obwodnicy miasta Siedlce. *Rocz. Glebozn.* 59, 2: 85-92.
9. Kalembkiewicz J., Soco E. 2005. Ekstrakcja sekwencyjna metali z próbek środowiskowych. *Wiad. Chem.* 59, 7-8: 697-721.
10. PTG 2009. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. *Rocz. Glebozn.* 60, 2: 5-16.
11. Klimowicz Z., Melke J. 2000. Zawartość metali ciężkich w glebach w sąsiedztwie szlaków komunikacyjnych na przykładzie wybranych tras. *Rocz. Glebozn.* 51, 3/4: 37-46.
12. Laskowski S., Tołoczko W., Rólka M. 2001. Zawartość Pb, Zn, Cu w glebach przy drogach o różnym natężeniu ruchu w okolicach Łodzi. *Acta Agrophysica* 56: 137-144.
13. Rauret G., López-Sánchez J.F., Sahuquillo A., Rugio R., Davidson C., Ure A., Quevauiller Ph. 1999. Improvement of the BCR three step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment and soil reference materials. *J. Environ. Monit.* 1: 57-61.
14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. *Dz. U.* nr 165, poz. 1359.
15. Tokalioglu S., Kartal S., Birol G. 2003. Application of a three-stage sequential extraction procedure for the determination of extractable metal contents in highway soils. *Turk. J. Chem.* 27: 333 – 346.

FRACTIONS OF LEAD, CHROMIUM, ZINC, COPPER AND NICKEL IN HUMIC HORIZON OF SOILS SITUATED ALONG THE SIEDLCE RING ROAD

Abstract. The aim of this work was to assessment on the impact of road traffic on the total content of lead, chromium, zinc, copper, nickel and their fractions (exchangeable – F1, reducible – F2, oxidizable – F3, residual – F4) by the European Union's Standards, Measurements and Testing program (formerly BCR) method in humic horizon (0-20 cm) of arable soils situated along the Siedlce ring road. Chemical analyses revealed that mean percentage contribution of heavy metals fractions in their total content, independently of type of investigated soils, can be arranged in the following decreasing series: Pb – F2 > F3 > F4 > F1; Cr - F4 > F3 > F2 > F1; Zn - F2 > F4 > F1 > F3; Cu - F3 > F4 > F2 > F1; Ni – F4 > F3 > F2 > F1. Statistical processing revealed significant influence of selected properties of studied soils (total content of heavy metals, CEC, C_{org}, fraction Ø < 0.002 mm) on Pb, Cr, Zn, Cu and Ni speciation.

Key words: sequential extraction, heavy metals fractions, traffic road, arable soils.