

Hanna Jaworska*

**PROFILOWA DYSTRYBUCJA ORAZ MOBILNOŚĆ OŁOWIU I KADMU
W GLEBIE UPRAWNEJ O ZRÓŻNICOWANYM UZIARNIENIU**

**THE PROFILE DISTRIBUTION AND THE MOBILITY OF LEAD AND
CADMIUM IN ARABLE SOIL OF VARIOUS TEXTURE**

Słowa kluczowe: kadm, ołów, gleba, gleby płowe, analiza sekwencyjna.

Key words: cadmium, lead, soil, Luvisols, sequential analysis.

The aim of the research was to measure the content and mobility of lead and cadmium in rural Luvisols of various texture.

The research was performed on soil samples of rural Luvisols. Total content of Pb and Cd was determined using ASA method, after the digestion in mixture of HF i HClO₄ using Crock i Severson (1987) procedure, and the content of mobile forms using Miller i Shuman (1986) sequential analysis with Dąbrowska-Naskręt (1998) modification.

The value of total content of Pb was between 14,35 and 24,55 mg·kg⁻¹. The highest concentration of Pb was observed in argillic horizon, however they have been assumed to be the background values. Total content of Cd was between 0,3 and 0,58 mg·kg⁻¹ and grewed with the depth. The most of observed Pb forms was soluble and exchangeable forms, so the easiest available for plants. The least of Pb forms was fractions with manganese oxide and crystalline ferric oxide. Residual cadium forms dominated in the whole profile.

1. WPROWADZENIE

Głównym źródłem zanieczyszczenia kadmem i ołowiem, gleb uprawnych nie narażonych na emisje przemysłowe, są nawozy mineralne. Ołów i kadm są wprowadzane do gle-

* Dr inż. Hanna Jaworska – Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy, ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz, tel.: 52 374 95 12; e-mail: hjawor@utp.edu.pl

by głównie z nawozami fosforowymi w ilościach: Pb od 7 do 225 mg·kg⁻¹ i Cd od 0,1 do 170 mg·kg⁻¹ oraz azotowymi – głównie siarczan amonu, który zawiera Pb od 2 do 27 mg·kg⁻¹ i Cd od 0,05 do 8,5 mg·kg⁻¹ [Kabata-Pendias i Pendias 1999]. Prawie we wszystkich glebach bilans ołowiu jest dodatni i wskazuje na stały wzrost jego zawartości. Czas trwania ołowiu w klimacie umiarkowanym szacuje się na ok. 10 tys. lat, co uzależnione jest od warunków glebowo-klimatycznych [Bowen 1979]. Na skutek działania czynników akumulacyjnych następuje zatrzymanie ołowiu w glebie, a jego przemieszczanie się jest bardzo powolne [Kabata-Pendias i Piotrowska 1999]. Kadm natomiast jest najłatwiej uruchamiany i mobilny w glebach o pH 4,5–5,5. Przy wyższych wartościach pH ulega unieruchomieniu, tworząc przede wszystkim węglany [Fic 1987]. Postać chemiczna, w jakiej pierwiastki zostały wprowadzone do gleby, a przede wszystkim uziarnienie i właściwości fizykochemiczne gleby decydują o jej potencjalnym skażeniu.

Celem podjętych badań była ocena zawartości oraz mobilności ołowiu i kadmu w uprawnej glebie płowej, o zróżnicowanym uziarnieniu.

2. METODY I MATERIAŁ

Materiał badawczy stanowiły próbki glebowe pochodzące z profilu gleby płowej użytkowanej rolniczo. Uziarnienie gleby, odczyn oraz zawartość C organicznego oznaczono metodami powszechnie stosowanymi w laboratoriach gleboznawczych. Zawartość całkowitą Pb i Cd oznaczono metodą ASA, po ekstrakcji gleby w roztworach HF i HClO₄ według procedury Crock i Severson [1987]. Zawartość form mobilnych oznaczono metodą analizy sekwencyjnej Millera i Shumana [1986], w modyfikacji Dąbkowskiej-Naskręt [1998].

3. WYNIKI I DYSKUSJA

Badaną glebę płową charakteryzuje zmienność struktury – od gruzelkowej średniotwałej do foremnowielościennej ostrokrawędzistej – oraz pionowe zróżnicowanie uziarnienia (pył piaszczysty na glinie lekkiej). Ocena uziarnienia badanej gleby zgodnie z PTG [2009] pozwała na zaliczenie jej do gleb dwudzielnych, średnio głębokich, gdzie pył piaszczysty zalega na glinie lekkiej (tab. 1). W całym profilu nie stwierdzono zawartości CaCO₃, co jest cechą charakterystyczną dla gleb badanego regionu [Dąbkowska-Naskręt i Jaworska 1997]. Jej odczyn nieznacznie rośnie wraz z głębokością, przyjmując wartości od pH_{kCl} 6,24 do pH_{kCl} 8,14, co jest charakterystyczne dla gleb płowych [Dąbkowska-Naskręt i in. 2002], a zawartość C organicznego wynosi 8,29 g·kg⁻¹ (tab. 1).

Całkowita zawartość Pb wynosiła 14,35–24,55 mg·kg⁻¹. Największą jego koncentrację stwierdzono w poziomie argillic, co wiązać należy z transportem w procesie płowienia oraz w poziomie próchnicznym. W wielu badaniach autorzy [Cieśla i in. 1995, Gworek i Jeske 1996, Terelak i in. 2000], potwierdzają wyraźną koncentrację Pb w poziomach akumulacyj-

nych, co tłumaczą wyższą zawartością C organicznego w tych poziomach oraz wpływem czynników antropogenicznych. Wyliczone wskaźniki profilowego rozmieszczenia ołowiu (tab. 2) w analizowanych próbkach, świadczyć mogą o jego antropogenicznym pochodzeniu (w poziomie Ap=1,40) oraz są związane z procesem glebotwórczym (Bt=1,44).

Tabela 1. Uziarnienie i właściwości fizykochemiczne

Table 1. Texture and physicochemical properties

Poziom	Głębokość [cm]	Procentowa zawartość frakcji o średnicy w [mm]						pH H ₂ O	pH KCl	Corg. [mg·kg ⁻¹]
		2–0,1	0,1–0,05	0,05–0,02	0,02–0,005	0,005–0,002	<0,002			
I Ap	0 – 30	23	37	25	10	3	2	6,40	6,24	8,29
I Eet	30 – 56	11	30	37	18	2	2	7,07	6,99	2,16
II Bt1	56 – 98	12	15	28	14	5	16	6,92	6,60	–
II Bt2	98 – 110	30	18	12	11	10	19	7,52	7,45	–
II C	110 – 150	51	12	4	17	5	11	8,14	8,00	–

Zawartość całkowita Cd kształtuje się w zakresie 0,30-0,58 mg·kg⁻¹ i rośnie wraz z głębokością. Nie stwierdzono istotnej zależności między zawartością C organicznego i Cd, co obserwowali inni autorzy [He Singh 1993, Gworek i Jeske 1996, Kabata-Pendias i Pendias 1999]. Wyższej zawartości frakcji o \varnothing <0,002 mm, natomiast towarzyszy wyższe stężenie kadmu (tab. 2), czego nie potwierdzają w badaniach Gworek i Czarnowska [1996] oraz Kabaty i Singha [2001]. Wyniki badań gleb przedstawione w FAO Soil Bulletin [1992] potwierdzają istotną korelację pomiędzy zawartością frakcji ilastej i węgla organicznego a zawartością kadmu. Wyliczony stosunek zawartości Cd w poszczególnych poziomach genetycznych do zawartości w skale macierzystej przyjmuje wartości poniżej 1, za wyjątkiem poziomu Bt, co wskazuje na jego pedogeniczny charakter (tab. 2). Całkowite zawartości Pb i Cd można uznać za naturalne, gdyż nie przekraczają zawartości poziomu tła geochemicznego podawanego przez innych autorów [Dudka 1992, Czarnowska 1996, Kabata-Pendias i Pendias 1999].

Tabela 2. Całkowita zawartość Pb i Cd

Table 2. Total content of Pb and Cd

Poziom	Głębokość [cm]	Pb [mg·kg ⁻¹]		Cd [mg·kg ⁻¹]	
		1	2	1	2
I Ap	0–30	23,85	1,40	0,30	0,52
I Eet	30–56	14,35	0,84	0,48	0,83
II Bt1	56–98	24,55	1,44	0,58	1,00
II Bt2	98–110	16,03	0,94	0,55	0,95
II C	110–150	17,06	–	0,58	–

Objaśnienia:

1 – Całkowite zawartości Pb i Cd.

2 – Stosunek zawartości Pb i Cd w poziomach (solum) do zawartości w skale macierzystej.

Do oszacowania stanu środowiska i zagrożenia ze strony metali ciężkich niezbędne jest określenie ich mobilności, a więc możliwości przejścia do obiegu biogeochemicznego

[Gworek 1985]. W przeprowadzonej analizie sekwencyjnej wyodrębniono siedem frakcji. Zawartość form ekstrahowanych ołowiu charakteryzuje zmienne rozmieszczenie w profilu (tab. 3). Wyraźnie dominowała frakcja 1, tj. formy rozpuszczalne i wymienne, określane jako najbardziej przyswajalne dla roślin. Stanowiły one od 31,8% do 43,4 % zawartości całkowitej Pb (tab. 4). W poziomie Bt stwierdzono nieznacznie więcej form rezydualnych (34,8% zawartości całkowitej). W całym profilu nie występowały frakcje związane z tlenkami manganu, których zawartość zależna jest od zmiennego potencjału oksydo-redukcyjnego.

Tabela 3. Zawartość frakcji Pb i Cd

Table 3. Content of Pb and Cd fractions

Poziom	F0		F1		F2		F3		F4		F5		F6		F7	
	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd
I Ap	1,09	0,007	7,65	0,016	1,95	0,021	0	0,027	3,65	0,032	3,47	0,008	2,40	0,015	3,64	0,17
I Eet	0,69	0,009	6,21	0,017	1,10	0,024	0	0,028	3,03	0,036	1,81	0,010	0,74	0,017	0,77	0,34
II Bt1	0,59	0,012	7,82	0,018	1,58	0,025	0	0,200	4,16	0,038	1,86	0,011	0	0,018	8,54	0,93
II Bt2	0,49	0,014	6,80	0,019	1,17	0,025	0	0,030	4,20	0,015	1,43	0,011	0	0,021	1,94	0,42
II C	0,05	0,014	6,90	0,020	3,90	0,026	0	0,030	4,25	0,007	0	0,012	0	0,023	1,96	0,45

W poziomach Bt i C występowało też wyraźne zubożenie we frakcje związane z tlenkami żelaza. Wśród ekstrahowanych frakcji kadmu wyraźnie dominowały formy rezydualne, których zawartość była w zakresie od 56,7% do 76,4% zawartości całkowitej (tab. 4). Najzasobniejsze w te frakcje były poziomy argillic i skały macierzystej. Najmniej stwierdzono form wodnorozpuszczalnych (tab.3).

Tabela 4. Procentowy udział frakcji w zawartości całkowitej Pb i Cd

Table 4. Percentage content of fractions in total content of Pb and Cd

Poziom	F0		F1		F2		F3		F4		F5		F6		F7	
	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd
I Ap	4,6	2,33	32,0	5,33	8,2	7,0	0,0	9,0	15,3	10,67	14,54	2,7	10	5,0	15,3	56,7
IEet	4,8	1,90	43,3	3,54	7,7	5,0	0,0	5,8	21,11	8,0	12,61	2,1	5,2	3,5	5,4	70,8
II Bt1	2,4	2,07	31,9	3,10	6,4	4,1	0,0	5,0	16,94	6,6	7,6	1,9	0	3,1	34,8	74,1
II Bt2	3,05	2,60	42,4	3,5	7,3	4,6	0,0	5,5	26,2	2,7	8,92	2,0	0	3,8	12,1	76,4
II C	0	2,41	40,5	3,5	22,9	4,5	0,0	5,2	24,91	1,2	0	2,1	0	4,0	11,49	78,0

4. WNIOSKI

1. Analiza uziarnienia badanej gleby płowej pozwoliła na zaklasyfikowanie jej do gleb dwudzielnych. W poziomach powierzchniowych występował pył, a w poziomach głębszych glina piaszczysta.
2. Całkowita zawartość ołowiu wahała się od 14,35 mg·kg⁻¹ do 23,85 mg·kg⁻¹, a kadmu od 0,30 mg·kg⁻¹ do 0,58 mg·kg⁻¹, co pozwala zaliczyć badaną glebę do gleb o naturalnej zawartości tych metali.
3. Ekstrakcja sekwencyjna wykazała w analizowanym profilu największy udział w zawartości ołowiu frakcji najłatwiej dostępnej dla roślin (F1), najmniejszy frakcji związanej z wolnymi tlenkami manganu i z krystalicznymi tlenkami żelaza. W odniesieniu do

kadmu w całym profilu dominowały frakcje rezydualne, najmniej zaś stwierdzono form wodnorozpuszczalnych.

PIŚMIENNICTWO

- CIEŚLA W., JAWORSKA H., ZALEWSKI W., DŁUGOSZ J. 1995. Chrom i nikiel w wybranych glebach płowych z Ziemi Dobrzyńskiej oraz północnego i zachodniego obrzeża czarnych ziem kujawskich. Zeszyty Naukowe 190, Rolnictwo.
- CZARNOWSKA K. 1996. Ogólna zawartość metali ciężkich w skałach macierzystych, jako tło geochemiczne. Rocz. Glebozn. 45,3/4.
- CROCK J.G., SEVERSON R.C. 1980. Four reference soil and rock samples for measuring element availability from the Western Energy Regions. Geological Survey Circular 841.
- DĄBKOWSKA-NASKRĘT H., JAWORSKA H. 1997. Gleby płowe wytworzone z utworów pyłowych Pojezierza Chełmińskiego-Dobrzyńskiego i Wysoczyzny Kaliskiej. Cz. III Skład chemiczny i mineralogiczny. Rocz. Glebozn. L, 1/2.
- DĄBKOWSKA-NASKRĘT H., JAWORSKA H., KOBIERSKI M. 2002. Zinc speciation in agricultural soils of northern Poland. Macro and Trace Elements.
- DĄBKOWSKA-NASKRĘT H., PYTLARZ K. 2005. Kinetic study of chemical sequential extraction of metals from agricultural soils. Review of current problems in Agrophysics. 402.
- DUDKA S. 1989. Naturalne zawartości kadmu i cynku w glebach i wybranych roślinach jednoliściennych Polski. IUNIG, 7.
- FIC M. 1987. Status of cadmium, cobalt and selenium in soils and plants of thirty countries.
- GWOREK B. 1985. Pierwiastki śladowe (Mn, Zn, Cr, Cu, Ni, Co, Pb, Cd) w glebach uprawnych wytworzonych z glin zwałowych i utworów pyłowych północno-wschodniego regionu Polski. IUNG.
- GWOREK B., CZARNOWSKA B. 1996. Metale ciężkie w glebach utworzonych z utworów aluwialnych i eolicznych okolic Warszawy. Rocz. Glebozn. 47, supl.
- He Q. B. Sgh 1993. Effect of organic matter on the distribution, extractability and uptake of cadmium in soils. J. Soil Sci. 44.
- KABAŁA C., SINGH B.R. 2006. Formy kadmu w profilach gleb w zasięgu oddziaływania Huty Miedzi. Mat. Symp.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych.
- KABATA-PENDIASA., MOTOWICKA-TERELAK, PIOTROWSKAM., TERELAK H., WITEK T. 1999. Ocena zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. IUNG.