

KRYSTYNA CZARNOWSKA

POZIOM NIEKTÓRYCH METALI CIĘŻKICH W GLEBACH I LIŚCIACH DRZEW MIASTA ŁODZI

Katedra Gleboznawstwa SGGW w Warszawie

WSTĘP

Na terenie Łodzi stwierdza się znaczne zanieczyszczenie warstw wierzchnich gleb metalami ciężkimi, takimi jak cynk, ołów, miedź i kadm. Powierzchnia gleb miasta silnie zanieczyszczonych miedzią wynosi 12,4%, kadmem – 12,5%, cynkiem – 11,1%, zaś ołowiem – 10,6% [Czarnowska, Walczak 1988; Czarnowska 1992].

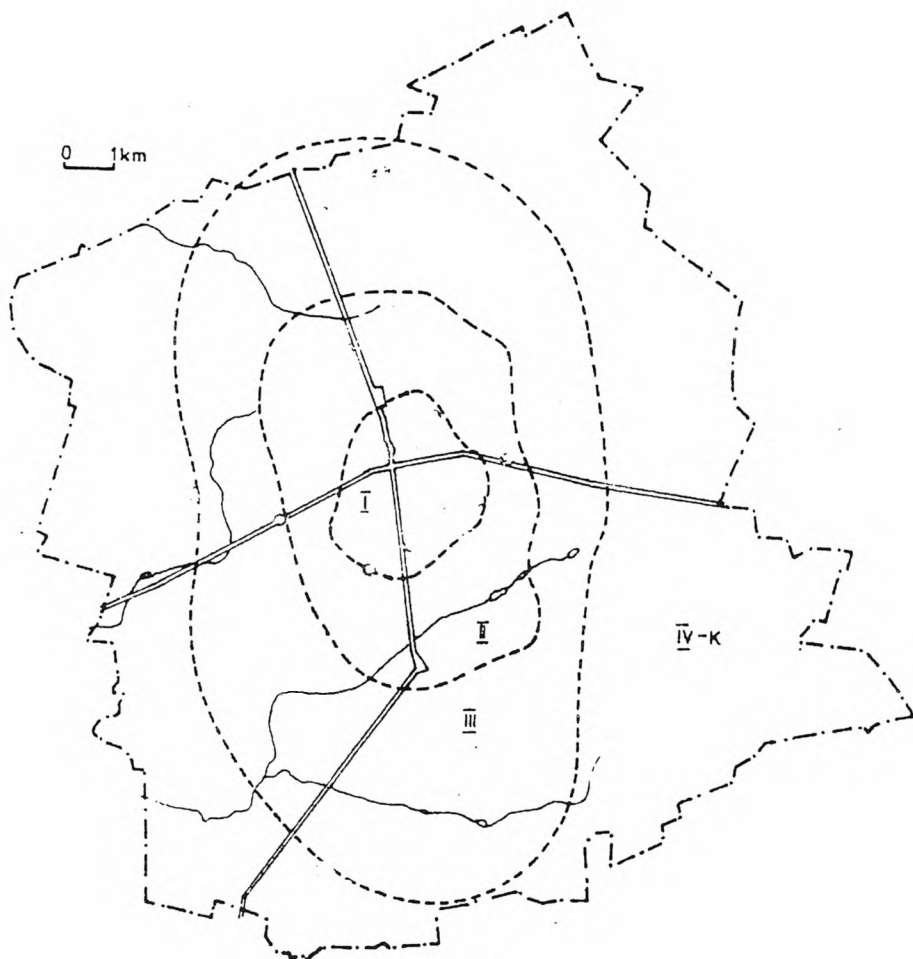
Celem niniejszej pracy było zbadanie ogólnej zawartości Zn, Pb, Cu i Cd w profilach gleb położonych w trzech strefach m. Łodzi, różniących się stopniem zanieczyszczenia atmosfery. Ponadto określono ilość tych metali w liściach trzech gatunków drzew ze stanowisk, z których pobrano do badań próbki glebowe.

MATERIAŁ I METODY

Materiał glebowy i roślinny pobierano ze stanowisk wytypowanych przez Zakład Botaniki Uniwersytetu Łódzkiego [Hereźniak 1984], a położonych w różnych strefach zanieczyszczenia (rys. 1). Na każdym ze stanowisk (łącznie 63) pracownicy wspomnianego Zakładu prowadzili obserwacje fenologiczne na trzech drzewach następujących gatunków: *Acer platanoides* L., *Tilia x euchlora* K. Koch i *Robinia pseudoacacia* L. Badane stanowiska leżały w następujących strefach zanieczyszczenia: I–II obejmują centralne dzielnice miasta, IV – tereny peryferyjne. Strefę IV przyjęto za obszar odniesienia (kontrolny).

Badane stanowiska zostały usytuowane na trawnikach przyulicznych, na skwerach i w parkach. W celu porównania stopnia zanieczyszczenia poszczególne stanowiska tworzą pary, np. stanowisku założonemu tuż przy ulicy odpowiada stanowisko w pobliskim parku lub na skwerze.

Aby uzyskać pełniejszy obraz stanu środowiska, nie ograniczono się do obserwacji fenologicznych, ale Katedrze Gleboznawstwa SGGW powierzono zbadanie zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi. Analizowano również liście wybranych gatunków drzew pod względem zawartości metali ciężkich.



RYSUNEK 1. Łódź – rozmieszczenie stref badawczych (wg J. Hereźniaka 1984)
 FIGURE 1. Localization of zones of investigation (according to Hereźniak 1984)

W celu określenia ilości metali ciężkich pobrano próbki mieszane gleb z 63 stanowisk (zieleńce przyuliczne – 35 i parki – 28) z różnych głębokości: 0–5, 5–10, 10–20 i 90–125 cm. Ponadto z dwóch lub trzech drzew danego gatunku rosnącego na tychże stanowiskach pobierano próbki mieszane liści. Z drzew z objawami chlorozy lub nekrozy pobierano indywidualne próbki.

Ogólną zawartość metali ciężkich oznaczano po trawieniu gleby stężonymi kwasami (HNO_3 , H_2SO_4 , HCl) według metody Rinkisa [1963]. Materiał roślinny (nie myty) mineralizowano na sucho, a popiół rozpuszczono w 6 M HCl . W uzyskanych roztworach z gleby i liści oznaczono ilość metali ciężkich techniką AŚA, z tym że Pb i Cd po zagęszczeniu do fazy organicznej (stosując odczynnik chelatujący APDC i rozpuszczalnik MIBK). Łącznie przeanalizowano 250 próbek glebowych i 170 próbek liści. Badania prowadzono w latach 1983–1985.

WYNIKI

Gleba. Gleby leżące w wytypowanych strefach zanieczyszczenia zaliczono do klasy gleb antropogenicznych z typami: gleby przekształcone mechanicznie, gleby nasypowe i gleby przekształcone chemicznie. Tylko niektóre gleby strefy IV zachowały cechy gleb naturalnych płowych lub bielcowych. Skład granulometryczny gleb z obszaru miasta jest typowy dla piasków luźnych, słabogliniastych, gliniastych lub glin lekkich (tab. 1). W warstwie wierzchniej zawartość węgla organicznego była znaczna (wahała się od 0,20 do 9,48%) i malała na głębokości 90–125 cm. Gleby strefy I i II miasta miały odczyn obojętny lub alkaliczny, a w strefie IV – odczyn słabo kwaśny lub kwaśny.

Procentowa zawartość żelaza w poszczególnych warstwach ulegała niewielkim wahaniom, szczególnie w warstwach wierzchnich (0–20 cm). Badane gleby zawierały naturalne ilości manganu, chromu, niklu i kobaltu zarówno w warstwach powierzchniowych, jak i na głębokości 90–125 cm.

Zawartość Zn, Pb, Cu i Cd w poszczególnych warstwach gleb charakteryzowała się dużymi wahaniami, a niekiedy bardzo dużymi (tab. 2 i 3), co jest typowe dla gleb miejskich odznaczających się znaczną zmiennością zanieczyszczenia, np. różne natężenie ruchu samochodowego czy różna odległość od zakładu przemysłowego. Postanowiono więc prześledzić stopień zanieczyszczenia gleb rozpatrywanymi metalami na podstawie ich średnich wartości. Stwierdzono znaczne różnice w zawartości omawianych metali tak między strefami, z których pobrano próbki glebowe, jak i między stanowiskami w poszczególnych strefach (zieleńce przyuliczne – parki).

Akumulacja metali ciężkich w glebach zieleńców przyulicznych i parków była na ogół największa w warstwie powierzchniowej (0–5 cm), zmniejszała się zaś w głębszych warstwach poziomu akumulacyjnego (tab. 2 i 3). Na głębokości 90–125 cm gleby zawierały naturalne ilości Zn, Pb, Cu, Cd, z wyjątkiem zieleńców przyulicznych I strefy [Czarnowska 1996].

W warstwach wierzchnich gleb zieleńców przyulicznych maksymalna zawartość rozpatrywanych metali śladowych była następująca (mg/kg): Zn – 774, Pb – 409 i Cu – 138, w glebach parków była znacznie mniejsza i wynosiła: Zn – 312, Pb – 144, Cu – 91 mg/ka. Wyjątkiem był kadm, którego maksymalne stężenie w glebach zieleńców przyulicznych i parków było podobne i wynosiło odpowiednio 2,02 i 2,35 mg/kg.

Gleby stref I i II były na ogół bardziej zanieczyszczone metalami ciężkimi niż gleby strefy IV, chociaż warstwa 0–5 cm gleb parków położonych w strefie IV zawierała 3-krotnie więcej Zn, Pb i Cd oraz 1,8-krotnie więcej miedzi niż skały macierzyste (tab. 4).

Największy wskaźnik nagromadzenia stwierdzono dla cynku i ołowiu w warstwie 0–5 cm gleb zieleńców przyulicznych w strefach I i II: wahał się on od 9,7 do 11,4. Wartość wskaźników nagromadzenia miedzi i kadmu była mniejsza (tab. 4). Gleby parków strefy I i II mają również zbliżone wskaźniki nagromadzenia Zn i Pb w warstwie powierzchniowej, ale nieco niższe (5,4–7,1) niż gleby zieleńców przyulicznych.

Wartość wskaźników nagromadzenia rozpatrywanych metali ciężkich w warstwie 0–5 cm gleb z terenu Łodzi układa się następująco: w zieleńcach przyulicznych: $Pb > Zn > Cu > Cd$, w parkach: $Zn > Pb > Cd > Cu$.

TABELA 1. Sumaryczne dane (wahania i średnie) właściwości gleb i zawartość ogółem Fe, Mn, Cr, Ni i Co w glebach m. Łodzi
 TABLE 1. Summary date (ranges and mean) of soils properties and content of total Fe, Mn, Cr, Ni and Co in soils from Łódź area

Wyszczególnienie	0–5 cm (n = 60)	5–10 cm (n = 63)	10–20 cm (n = 63)	90–125 cm (n = 60)
pH	3,8–8,1	3,7–8,0	3,7–8,0	4,5–7,7
C%	(1,36–7,56) 4,38	(0,32–6,65) 3,60	0,20–9,48 3,17	(0,05–2,76) 0,48
% frakcji – Fraction % <0,02 mm	(4–26) (1,01–1,69)	(4–25) (1,00–1,73)	(5–27) (1,09–1,32)	(2–31) (0,54–1,28)
Fe%	1,38	1,38	1,24	0,93
Zawartość – Content [mg/kg]				
Mn	(106–326) 196	(50–347) 203	(58–356) 195	(28–286) 198
Cr	(6–48) 28	(6–56) 26	(6–66) 26	(6–24) 20
Ni	(2,3–73,0) 17,9	(2,1–37,0) 16,0	(3,0–45,5) 15,5	(1,5–38,0) 9,8
Co	(3,4–17,0) 5,1	(1,9–13,0) 5,2	(0,3–11,6) 5,3	(0,3–14,0) 3,4

W celu wykazania zmian w zawartości metali ciężkich (Zn, Pb, Cu i Cd) obliczono stosunek Mn do średniej koncentracji tych metali w warstwie 0–5 cm (tab. 5).

Gleby Łodzi zawierają naturalne ilości manganu, dlatego też wartość tego pierwiastka przyjęto za stałą. Uzyskane wąskie wartości stosunków Mn do Zn, Pb, Cu i Cd świadczą o daleko posuniętej degradacji chemicznej badanych gleb (tab. 5).

Otrzymany materiał analityczny opracowano statystycznie, obliczając współczynniki korelacji między ilością części spławialnych i węgla organicznego a zawartością metali ciężkich w poszczególnych warstwach glebowych. W warstwie 10–20 cm zawartość Zn i Cd była istotnie skorelowana z ilością C-organicznego, a współczynniki korelacji wynosiły odpowiednio: $r = 0,585$ i $r = 0,692$. Współczynniki korelacji między ilością C-organicznego a zawartością Pb i Cu były również istotne, ale niskie i wynosiły odpowiednio: $r = 0,420$ i $r = 0,419$.

W badanych glebach nie stwierdzono korelacji między zawartością części spławialnych a ilością rozpatrywanych metali. Wynika to z faktu, że na zróżnicowanie ilości metali ciężkich w glebach Łodzi największy wpływ miały czynniki antropogeniczne.

Obliczono także współczynniki korelacji między zawartością w glebach rozpatrywanych metali ciężkich. Okazało się (tab. 6), że najbardziej istotne współczynniki korelacji uzyskano między Zn i Cu oraz między Cu i Pb we wszystkich warstwach, natomiast między Pb i Cd tylko w warstwie 0–5 cm. Najwyższe współczynniki korelacji między Zn i Pb stwierdzono w warstwach głębszych (10–20 i 90–125 cm). Wysokie współczynniki korelacji między poszczególnymi parami metali ciężkich świadczą o tym, że źródło zanieczyszczenia gleb niezależ-

TABELA 2. Zawartość metali ciężkich [mg/kg s.m.] w glebach antropogenicznych m. Łodzi (przy ulicach)
 TABLE 2. Heavy metals content [mg/kg of d.m.] in anthropogenic soils of Łódź area (near streets)

Głębokość Sampling depth [cm]	Zn		Pb		Cu		Cd	
	zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean
Strefa I – Zone I (12 profilów – profiles)								
0–5	88–620	336	40–409	105	18,6–111,0	59,7	0,65–1,66	1,14
5–10	120–706	333	39–217	86	14,8–104,0	47,3	0,42–1,50	0,90
10–20	90–554	280	34–225	74	13,2–87,0	39,0	0,31–1,53	0,74
90–125	12–424	121	15–200	48	3,7–82,0	20,0	0,16–0,86	0,35
Strefa II – Zone II (15 profilów – profiles)								
0–5	150–774	302	44–223	114	17,8–138,0	42,4	0,49–1,80	0,95
5–10	25–386	253	17–139	69	7,0–108,0	32,7	0,19–2,02	0,85
10–20	39–410	251	12–168	66	7,0–111,2	38,8	0,37–1,32	0,70
90–125	18–60	29	3–31	13	2,2–16,4	6,5	0,07–0,48	0,20
Strefa IV – Zone IV (8 profilów – profiles)								
0–5	45–336	130	16–62	34	6,8–52,0	18,8	0,25–0,95	0,52
5–10	33–324	141	8–105	41	4,7–50,0	15,5	0,12–1,04	0,44
10–20	22–344	125	14–70	33	4,0–48,0	15,3	0,12–0,95	0,46
90–125	14–22	17	3–21	10	2,5–20,8	6,7	0,09–0,50	0,24

TABELA 3. Zawartość metali ciężkich [mg/kg s.m.] w glebach z parków Łodzi
 TABLE 3. Heavy metals content [mg/kg of d.m.] in soils from parks of Łódź area

Głębokość Sampling depth [cm]	Zn		Pb		Cu		Cd	
	zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean
Strefa I – Zone I (12 profilów – profiles)								
0–5	114–312	219	43–146	71	13,3 –76,0	34,8	0,48–2,35	1,05
5–10	53–282	170	21–144	57	9,8–91,0	31,0	0,21–1,98	0,98
10–20	44–224	133	11–100	43	8,4–87,0	18,6	0,20–1,00	0,51
90–125	15–126	47	5–66	28	2,8–43,4	11,5	0,03–0,53	0,19
Strefa II – Zone II (7 profilów – profiles)								
0–5	86–282	200	39–76	54	8,8–31,6	24,1	0,72–1,20	0,95
5–10	102–300	197	35–65	53	8,2–74,0	26,9	0,75–1,14	0,88
10–20	80–306	162	33–64	45	7,2–30,3	17,1	0,54–1,00	0,70
90–125	21–126	47	7–23	12	2,8–58,0	6,4	0,03–0,35	0,16
Strefa IV – Zone IV (9 profilów – profiles)								
0–5	18–336	100	4–63	31	2,6–52,0	12,8	0,12–1,10	0,54
5–10	12–324	94	6–114	35	2,0–50,0	12,0	0,10–0,68	0,42
10–20	16–246	62	3–56	20	2,0–48,0	11,0	0,08–0,87	0,35
90–125	9–35	16	2–16	7	2,0–11,4	4,3	0,08–0,18	0,12

TABELA 4. Wskaźnik nagromadzenia¹ Zn, Pb, Cu i Cd w glebach m. Łodzi
 TABLE 4. Index of accumulation (IA) of Zn, Pb, Cu and Cd in soils from Łódź area

Miejsce Location	Głębokość Depth [cm]	Zn			Pb			Cu			Cd		
		I ²	II	IV	I ²	II	IV	I ²	II	IV	I ²	II	IV
Zieleńce przyuliczne	0–5	10,8	9,7	4,2	10,5	11,4	3,4	8,5	6,0	2,7	6,3	5,3	2,9
Green near streets	5–10	10,7	8,1	4,5	8,6	6,9	4,1	6,8	4,6	2,2	5,0	4,7	2,4
	10–20	9,0	8,0	4,0	7,4	6,6	3,3	5,6	5,5	2,2	4,1	3,9	2,5
	90–125	3,9	0,9	0,5	4,8	1,3	1,0	2,8	0,9	0,9	1,9	1,1	1,3
Parki Parks	0–5	7,0	6,4	3,2	7,1	5,4	3,1	4,9	3,4	1,8	5,8	5,3	3,0
	5–10	5,5	6,3	2,9	5,7	5,5	3,5	4,4	3,8	1,7	5,4	4,9	2,3
	10–20	4,3	5,2	2,0	4,3	4,5	2,0	2,6	2,4	1,6	2,8	3,8	1,9
	90–125	1,5	1,5	0,5	2,8	1,2	0,7	1,6	0,9	0,6	1,0	0,9	0,7

¹ Wskaźnik nagromadzenia – stosunek zawartości metali ciężkich w glebach zanieczyszczonych do ich ilości w skałach macierzystych gleb Łodzi. The index of accumulation (IA) of heavy metals was calculated as ratio of concentration of the heavy metals in contaminated soils to their concentration in the parent rocks from Łódź. Skały macierzyste gleb Łodzi zawierały średnio – Soil parent rocks from Łódź contents mean [mg/kg]: Zn – 30; Pb – 9,8; Cu – 6,9; Cd – 0,18

² Strefa – Zone.

TABELA 5. Stosunek średniej zawartości Mn do średniej ilości Zn, Pb, Cu i Cd w glebach z terenu Łodzi (warstwa 0–5 cm)

TABLE 5. Ratio of mean concentration of Mn to mean concentration of Zn, Pb, Cu and Cd in soils from Łódź area (the layer 0–5 cm)

Stosunek Ratio	Gleby kontrolne Control soils	Gleby antropogeniczne – Anthropogenic soils					
		przy ulicy – near streets			parki – parks		
		I*	II	IV	I	II	IV
Mn : Zn	6,8	0,6	0,6	1,4	1,0	1,0	1,9
Mn : Pb	18,8	1,9	1,7	5,4	3,1	3,7	6,3
Mn : Cu	27,9	3,4	4,7	12,4	6,5	8,5	15,2
Mn : Cd	860,8	184,0	208,3	357,7	215,2	214,7	368,4

*Strefa – Zone.

nie od wytypowanych stanowisk jest podobne (na zanieczyszczenia komunalne i przemysłowe nakładają się zanieczyszczenia komunikacyjne).

Liście drzew. Zawartość metali ciężkich w liściach drzew była zróżnicowana i zależała od: stopnia zanieczyszczenia powietrza na terenie Łodzi (strefy I, II, IV), miejsca, w którym rosły drzewa (ulica, park) oraz od gatunku danego drzewa (tab. 7).

Liście lipy krymskiej (*Tilia x euchlora*) z nasadzeń przyulicznych w strefie I i II oraz z parków w strefie I zawierały najwięcej żelaza, natomiast w liściach drzew rosnących w parkach II strefy stwierdzono mniej tego pierwiastka. Liście klonów (strefa I) rosnących tak przy ulicach, jak i w parkach zawierały również dużo żelaza.

Akumulacja żelaza w liściach lipy była 12-krotnie, a w liściach klonu 9,5-krotnie większa od średniej zawartości Fe (200 mg/kg s.m.) w liściach trzech gatunków drzew z parku kontrolnego (Rossocha k. Rawy Maz.). Najmniej żelaza stwierdzono w liściach grochodrzewu (*Robinia pseudoacacia*), jego akumulacja (820 mg/kg s.m.) w liściach robinii w strefie I (stanowiska przyuliczne) była 4-krotnie większa w stosunku do średniej zawartości w liściach drzew z parku kontrolnego.

Średnia zawartość Fe w liściach trzech gatunków drzew malała od strefy I do IV. Należy przypuszczać, że na dużą ilość Fe w liściach drzew rosnących w I i II strefie wpłynęły pyły metaliczne osiadające na blaszkach liściowych. W 1993 roku maksymalne stężenie roczne żelaza w pyłach odnotowano na terenie dzielnicy Łódź Śródmieście w porównaniu z 24 stanowiskami zlokalizowanymi w innych miastach Polski [Praca zespołowa 1994].

Co do ilości manganu w liściach, to zależała ona przede wszystkim od odczynu gleb. W liściach drzew rosnących w strefie I i II stwierdzono mniej manganu, bowiem gleby na tym obszarze miasta wykazywały odczyn obojętny lub alkaliczny. Liście klonu i lipy ze strefy IV zawierały dużo tego pierwiastka, ponieważ gleby w tej strefie miały odczyn kwaśny.

Rozpatrując zawartość Mn w liściach trzech gatunków drzew, należy pokreślić, że było go najwięcej w liściach klonu (strefa IV, parki), bo aż 1160 mg/kg s.m., a najmniej w liściach grochodrzewu (116 mg/kg s.m.).

Zawartość cynku w liściach badanych drzew mieściła się w granicach 21–122 mg/kg s.m. Liście klonów rosnących zarówno przy ulicy, jak i w parkach w strefie

TABELA 6. Współczynniki korelacji (r) między badanymi metalami ciężkimi
 TABLE 6. Coefficients of correlation (r) between heavy metals under investigation

Pierwiastek Element	Głębokość pobrania próbki glebowej [cm] – Sampling depth [cm]			
	0–5 (n = 60)	5–10 (n = 63)	10–20 (n = 63)	90–125 (n = 60)
Zn i Cu	0,6930**	0,6004**	0,6654**	0,6944**
Zn i Pb	0,4675**	0,4953**	0,5604**	0,6054**
Zn i Cd	0,4245**	0,4896**	0,5665**	0,4250**
Cu i Pb	0,5980**	0,6356**	0,7429**	0,8900**
Cu i Cd	0,4275**	0,2694*	0,4507**	0,3468*
Pb i Cd	0,6648**	0,4002**	0,5876**	0,3600*

* – P = 0,05; ** – P = 0,01

I i II zawierały zbliżone średnie ilości cynku. W liściach lipy nasadzeń przyulicznych (strefy I i II) było więcej cynku niż w liściach drzew w parkach. Podobnie układała się zawartość tego pierwiastka w liściach grochodrzewu (tab. 7).

Zawartość ołowiu w liściach omawianych gatunków drzew wahała się od 1,4 do 34,8 mg/kg s.m. Najwięcej ołowiu stwierdzono w liściach drzew przyulicznych (strefy I i II) oraz z parków (strefa I). W liściach klonu, lipy i grochodrzewu było w skrajnych przypadkach od 13,3- do 29,2-krotnie więcej ołowiu w stosunku do średniej ilości tego pierwiastka w liściach tych gatunków drzew z parku kontrolnego (1,5 mg/kg s.m.). Liście lipy i grochodrzewu ze stanowisk położonych przy ulicy w strefie IV zawierały od 5,3 do 10,6-krotnie więcej ołowiu niż przyjęta ilość z parku kontrolnego. Zanieczyszczenia komunikacyjne miały więc znaczny wpływ na akumulację Pb w liściach drzew na terenach zurbanizowanych Łodzi.

Liście klonu i grochodrzewu zawierały miedzi od 5,0 do 13,4 mg/kg s.m. niezależnie od stopnia zanieczyszczonego powietrza w wydzielonych strefach miasta. Wartości te są spotykane najczęściej w różnych roślinach z terenów nie zanieczyszczonych. Ilość miedzi w liściach lipy była bardziej zróżnicowana i mieściła się w zakresie 5,1–30,0 mg/kg s.m. Większe ilości Cu w liściach tego gatunku wynikają z zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego Łodzi.

W liściach rozpatrywanych gatunków drzew stwierdzono średnio kadmu 0,10 mg/kg s.m., przy wahaniach od 0,04 do 0,52 mg/kg s.m. Zakres zawartości kadmu w liściach badanych drzew mieści się w granicach spotykanych w roślinach terenów zanieczyszczonych w niewielkim stopniu [Kabata-Pendias, Pendias 1993].

DYSKUSJA

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono znaczną akumulację Zn, Pb, Cu i Cd w wierzchnich warstwach gleb Łodzi w porównaniu ze skałami macierzystymi. Warstwy powierzchniowe (0–5 cm) gleb zieleńców przyulicznych są bardziej zanieczyszczone niż te same warstwy gleb parków, o czym świadczą wskaźniki nagromadzenia rozpatrywanych metali (tab. 4). Podobne wskaźniki nagromadzenia metali ciężkich stwierdzono w glebach zieleńców i parków Warszawy [Czarnowska 1978].

TABELA 7. Zawartość metali ciężkich [mg/kg s.m.] w liściach drzew z terenu m. Łodzi (zakres i średnia z trzech lat 1983–1985)
 TABLE 7. Content of heavy metals [mg/kg s.m.] in leaves of trees from area of Łódź (range and mean from 3 years 1983–1985)

Miejsce pobrania Location	Strefa Zone	Fe		Mn		Zn		Cu		Pb		Cd	
		zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean	zakres range	średnia mean
<i>Acer platanoides</i> (n = 66)													
Przy ulicy	I ¹	266–1870	780	16–146	51	30–111	56	4,4–13,4	9,6	5,0–14,0	9,4	0,06–0,29	0,18
Near streets	II	182–960	502	18–148	74	26–82	41	5,2–14,0	9,0	4,3–16,0	9,1	0,08–0,49	0,16
	IV	130–300	188	36–240	120	30–48	39	6,4–7,6	6,7	1,4–8,0	3,7	0,06–0,18	0,10
Parki	I ¹	328–1900	749	36–216	100	30–57	46	6,4–11,4	9,3	3,5–14,0	9,5	0,09–0,49	0,18
Parks	II	120–400	277	30–760	172	27–122	48	6,4–11,2	8,4	2,7–13,0	5,7	0,08–0,52	0,20
	IV	161–302	205	126–1160 ²	239	24–87	30	5,1–7,6	6,7	2,2–8,0	3,7	0,09–0,37	0,10
<i>Tilia x euchlora</i> (n = 60)													
Przy ulicy	I ¹	412–2380	1191	16–70	28	31–72	51	8,7–30,0	15,8	6,2–24,2	14,0	0,06–0,22	0,12
Near streets	II	209–1740	975	16–94	50	23–116	48	5,1–20,7	10,5	3,5–43,8	11,2	0,04–0,46	0,15
	IV	124–440	215	35–278	110	22–37	27	6,6–8,9	7,5	2,3–8,0	4,2	0,07–0,35	0,10
Parki	I ¹	334–2460	921	20–81	34	30–62	40	7,8–23,5	11,9	3,5–21,8	10,2	0,05–0,24	0,08
Parks	II	154–680	465	20–150	75	21–66	37	6,0–14,3	8,9	2,5–9,5	5,3	0,03–0,24	0,09
	IV	140–630	286	26–310	165	28–38	27	5,4–13,4	9,3	1,3–12,0	3,6	0,05–0,20	0,09
<i>Robinia pseudoacacia</i> (n = 44)													
Przy ulicy	I ¹	232–820	507	14–36	21	42–56	47	5,4–10,4	8,6	7,0–20,0	8,5	0,06–0,16	0,09
Near streets	II	212–480	304	12–56	28	35–54	43	6,6–9,8	8,5	8,0–14,0	8,6	0,04–0,27	0,09
	IV	134–275	179	16–64	35	22–30	26	5,0–9,6	7,5	2,5–16,0	4,0	0,04–0,08	0,06
Parki	I ¹	188–800	364	22–40	30	26–46	25	6,6–9,4	8,1	6,0–12,0	7,0	0,04–0,08	0,04
Parks	II	132–210	175	30–70	45	27–54	28	6,2–10,0	7,0	2,3–8,4	4,1	0,04–0,08	0,06
	IV	112–170	134	16–116	60	24–45	24	6,5–7,4	7,0	2,0–8,0	3,5	0,04–0,06	0,05
Kontrola – Control			200		250		20		7,0		1,5		0,02

¹ Strefa – Zone

² W jednym przypadku – In one case

Na akumulację metali ciężkich w powierzchniowych warstwach gleb zieleńców miejskich wpływają m.in. zanieczyszczenia komunikacyjne i przenoszony przez pojazdy pył uliczny. Okazuje się, że pył uliczny zawiera bardzo dużo metali ciężkich [Curbard i in. 1988, Thornton 1985]. Asami [1989] w pyłe ulicznym z 12 miast Japonii stwierdził od 10 do 60 razy więcej Zn, Pb, Cu oraz 5-krotnie więcej Cd niż w glebach nie zanieczyszczonych.

O stopniu zanieczyszczenia gleb decyduje ich lokalizacja, np. odległość od ruchliwych tras komunikacyjnych. Tylko na terenach silnie uprzemysłowionych Górnego Śląska w glebach zieleńców miejskich występuje duża zawartość Zn, Pb i Cd, niezależnie od odległości od drogi. Na tym obszarze zanieczyszczenia komunikacyjne stanowią niewielki procent zanieczyszczeń pochodzących z emisji przemysłowych [Jarosz, Marchwińska 1991].

Na podstawie rozmieszczenia metali ciężkich w profilu gleb zieleńców przyulicznych można sądzić o stopniu przekształcenia (mechanicznego i chemicznego) tych gleb. I tak gleby zieleńców położonych w strefie I zostały najsilniej przekształcone chemicznie, tj. zanieczyszczone metalami ciężkimi, bowiem nawet na głębokości 90–125 cm zawierają znaczne ilości cynku, ołowiu i miedzi (tab. 2). W silnie przekształconych glebach zieleńców Warszawy [Czarnowska 1978, Czarnowska i in. 1983] oraz w glebach Plant krakowskich [Komornicki, Oleksynowa 1989] stwierdzono w warstwach głębszych (poniżej 90 cm) również duże ilości cynku, ołowiu i innych metali ciężkich. Przyczyną tego było najczęściej wymieszanie warstw wierzchnich przy robotach inżynierskich i budowlanych.

Na podstawie średniej zawartości metali ciężkich w warstwie powierzchniowej gleb miasta Łodzi (strefy I i II) można je zaliczyć do zanieczyszczonych cynkiem i ołowiem oraz słabo i średnio zanieczyszczonych miedzią i kadmem.

Zawartość metali ciężkich w liściach drzew jest również dobrym wskaźnikiem zanieczyszczenia środowiska miejskiego [Chmielewski 1994, Czarnowska 1978, Czarnowska, Gworek 1987].

Oddziaływanie zanieczyszczonej atmosfery na terenie Łodzi zaznaczyło się najsilniej w zawartości Fe, szczególnie w liściach klonu zwyczajnego i lipy krymskiej. Pierwiastek ten występuje w podobnych ilościach jak w liściach tych gatunków drzew z terenu Warszawy [Czarnowska 1978]. Natomiast akumulacja ołowiu w liściach badanych drzew była w Łodzi znacznie mniejsza niż w liściach drzew z terenu Warszawy [Chmielewski 1994, Czarnowska 1978], co może świadczyć o mniejszym zanieczyszczeniu ołowiem środowiska Łodzi.

Podobne badania dotyczące Mn, Zn, Pb i Cd w liściach tych samych gatunków drzew były prowadzone na terenie Poznania [Król, Wyrzykiewicz-Raszewska 1986]. Maksymalne zawartości ołowiu (10 mg/kg s.m.) odnotowano w liściach lipy krymskiej, jednak znacznie mniejsze niż na terenie Łodzi. Tylko zawartość kadmu w liściach badanych gatunków drzew była zbliżona na terenie Poznania i Łodzi, ale wartości średnie mieściły się w granicach przyjętych dla środowisk słabo zanieczyszczonych [Kabata-Pendias, Pendias 1993].

WNIOSKI

1. Gleby z terenu Łodzi są w różnym stopniu zanieczyszczone cynkiem, ołowiem, miedzią i kadmem. W wierzchnich warstwach (0–5 cm) gleb położonych w

- centralnych dzielnicach miasta znajduje się od 4 do 40 razy więcej Pb, od 2,8 do 26 razy więcej Zn, od 15 do 19 razy więcej Cu i od 2 do 10 razy więcej Cd w porównaniu z ich zawartością w skałach macierzystych. Gleby położone na peryferiach miasta zostały w mniejszym stopniu zanieczyszczone tymi metalami, bowiem maksymalny wskaźnik nagromadzenia wynosi: Zn – 13,6, Cu – 8,6, Pb i Cd – 6,0.
2. Wskaźniki nagromadzenia Zn, Pb, Cu i Cd w badanych glebach oraz wąski stosunek Mn do Zn, Pb, Cu i Cd świadczą o silnej degradacji chemicznej gleb na terenie Łodzi.
 3. Gleby Łodzi zawierają naturalne ilości Mn, Cr, Ni i Co w całym profilu.
 4. Zanieczyszczenie środowiska miasta Łodzi przyczyniło się do wzrostu stężenia żelaza i ołowiu, a w mniejszym stopniu cynku, miedzi i kadmu w liściach trzech badanych gatunków drzew. Największą akumulację metali ciężkich (poza manganem) stwierdzono w liściach drzew nasadzeń przyulicznych, małych parków i skwerów znajdujących się w centrum miasta.

LITERATURA

- ASAMIT., 1989: Heavy metal pollution of street dusts in various cities in Japon. (In:) J. B. Vernet (ed). Int. Conf. „Heavy Metals in the Environment”. II: 408–411.
- CHMIELEWSKI W., 1994: Wieloletnie obserwacje fenologiczne drzew i skład chemiczny liści w ocenie stopnia zanieczyszczenia środowiska miejskiego. (W:) R. Siwecki (ed.), III Krajowe Sympozjum, Kórnik, Wyd. Sorus: 211–218.
- CURBARDE E.B. i in. 1988: Metal contamination in British urban dusts and soils. *J. Environ. Qual.* 17/2: 226–234.
- CZARNOWSKA K., 1978: Zmiany zawartości metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie Warszawy jako wskaźnik antropogenizacji środowiska. *Zesz. Nauk. SGGW, Rozpr. Nauk. nr 106*, s. 71.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B., KOZANECKA T., LATUSZEK B., SZAFRAŃSKA E. 1983: Heavy metals content in soils as indicator of urbanization. *Pol. Ecol. Stud.* 9, 1–2: 63–79.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B., 1987: Liście lipy – *Tilia euchlora* jako biowskaźniki zanieczyszczenia środowiska miejskiego. (W:) Materiały pokonferencyjne „Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe”. Instytut Dendrologii PAN w Kórniku: 377–384.
- CZARNOWSKA K., WALCZAK J., 1988: Distribution of zinc, lead and manganese in soils of Łódź city. *Rocz. Glebozn.* 39,1: 19–27.
- CZARNOWSKA K., 1992: Distribution of copper, chromium, nickel, cobalt and cadmium in soils of city Łódź. *Rocz. Glebozn.* 43,1: 41–48.
- CZARNOWSKA K., 1996: Metale ciężkie w skałach macierzystych jako tło geochemiczne gleb. *Rocz. Glebozn.* 47 suppl.: 43–50.
- JAROSZ W., MARCHWIŃSKA E., 1991: Wpływ emisji z tras komunikacyjnych na skażenie gleb i żywności. *Konf. Ekosystemy żywicielski i żywność - zagrożenia i problemy ochrony.* Warszawa, 9 kwietnia 1991, 1: 51–88.
- HEREZŃIAK J., 1984: Growth and conditions of some tree species in the Łódź town environment. (In:) Creation and protection of verdure in the urbanized landscape. Nitra, July 2–4th, CSSR: 183–189.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H., 1993: Biogeochemia pierwiastków śladowych. Warszawa PWN, ss. 364.
- KOMORNICKI T., OLEKSYNOWA K., 1989: Zawartość ołowiu i cynku w glebach Plant krakowskich. *Rocz. Glebozn.* 40, 2: 213–226.

- KRÓL S., WYRZYKIEWICZ-RASZEWSKA M., 1986: Zawartość metali ciężkich w liściach *Acer platanoides* L., *Robinia pseudoacacia* L. i *Tilia x euchlora* K. Koch na terenie Poznania. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, *Prace Komisji Nauk Rol. i Komisji Nauk Leś.* **62**: 45–53.
- PRACA ZESPOŁOWA, 1994: Zanieczyszczenie powietrza w Polsce w 1993 roku. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, s. 286.
- RINKIS G.J., 1963: Metody uskorieńnego kolorimetryczeskowo opriedielenija mikroelementow w biologiczeskich obiektach. ANĽSSR, Riga, s. 123.
- THORNTON I., 1985: Metals in urban dusts and soils. *Environ. Technol. Letters* **6**: 137–145.

K. Czarnowska

LEVEL OF SOME HEAVY METALS IN SOILS AND LEAVES OF TREE SPECIES FROM THE TOWN OF ŁÓDŹ

Department of Soil Science, Warsaw Agricultural University

SUMMARY

A study on heavy metals content in soils and leaves of three species of tree (*Acer platanoides* L., *Tilia euchlora* (K.) Koch, and *Robinia pseudoacacia* L.) was done within the area of Łódź town. Sampling points were distributed in downtown (I and II) and in suburban (IV), respectively. Soil was sampled at 63 points (lawn alongside streets – 35, parks – 28) from the depths: 0–5; 5–10; 10–20 and 90–125 cm, respectively. Leaves were sampled from the three above species growing at the points (Fig. 1). Altogether 250 soil samples and 170 leaf samples were analyzed. It was found that the 0–5 cm soil layer downtown contained from 4 to 40 times more Pb, from 2,8 to 26 times more Zn, from 9 to 19 times more Cu and from 2 to 10 times more Cd relative to the heavy metal content in parent rocks. Accumulation coefficients for Zn, Pb, Cu and Cd in the investigated soils as well as a narrow ratio between Mn and Zn, Pb, Cu and Cd content prove a severe chemical degradation of soils in Łódź (Tables 4 and 5). The soils contain natural amounts of Mn, Cr, Ni and Co throughout the entire profile. Environmental contamination in Łódź town has resulted in an increasing Fe and Pb content in the leaves, and to a lesser extent, in the Zn, Cu and Cd content in the three tree species under study. The highest accumulation of heavy metals, except for manganese, was found in leaves of trees growing alongside streets, in small parks and squares located downtown Łódź.

Praca wpłynęła do redakcji w grudniu 1996 r.

