

KRYSTYNA CZARNOWSKA<sup>1</sup>, BARBARA GWOREK<sup>1</sup>, ANTONI SZAFRANEK<sup>2</sup>

## AKUMULACJA METALI CIĘŻKICH W GLEBACH I WARZYWACH KORZENIOWYCH Z OGRODÓW DZIAŁKOWYCH DZIELNICY WARSZAWA-MOKOTÓW\*

<sup>1</sup>Katedra Gleboznawstwa SGGW w Warszawie

<sup>2</sup>Instytut Geodezji Gospodarczej Politechniki Warszawskiej

### WSTĘP

W ocenie wartości pokarmowej warzyw należy obecnie brać pod uwagę zanieczyszczenie środowiska przyrodniczego metalami ciężkimi. Stąd też w warzywach z ogrodów działkowych zlokalizowanych na terenie dużych miast lub w okręgach przemysłowych powinno określać się ilość metali ciężkich. W licznych pracach wykazano bowiem akumulację niektórych z tych metali (Zn, Pb, Cu, Cd) w powierzchniowej warstwie gleb ogrodów działkowych oraz wzrost ilości ołowiu, kadmu i innych metali w różnych warzywach [Culbard et al. 1988; Czarnowska, Gworek 1987a; Davies 1978; Grodzińska, Godzik, Szarek 1987; Gzyl 1990; Hibben, Hager, Mazza 1984; Marchwińska, Kucharski, Gzyl 1984].

Niniejsza praca ma na celu poznanie stopnia zanieczyszczenia metalami ciężkimi gleb oraz wybranych gatunków warzyw uprawianych w ogrodach działkowych położonych na obszarze Mokotowa. Zawartość pierwiastków śladowych w warzywach liściowych i owocach omówiono w odrębnej pracy [Czarnowska, Gworek 1994].

\*Badania finansował Wydział Ochrony Środowiska Urzędu Dzielnicy Warszawa-Mokotów.

## MIEJSCE BADAŃ, MATERIAŁ I METODY

Dzielnica Mokotów, znajdująca się na południowych terenach Warszawy, cechuje się dużym zróżnicowaniem środowiska przyrodniczego. Występują tu dwie jednostki geomorfologiczne: wysoczyzna lodowcowa, pokryta najmłodszymi lessami zalegającymi na glinie zwałowej, oraz obszary tarasów Wisły [Atlas Warszawy, 1975]. Gleby aluwialne wspomnianych tarasów mają skład granulometryczny utworów pyłowych lub piasków gliniastych pylastych. W północnej części Mokotowa dominuje zwarta zabudowa mieszkaniowa i liczne zakłady przemysłowe, w południowej części zaś znajdują się tereny rolnicze oraz chronione obszary leśne (Rezerwat Las Kabacki) i parkowe (Wilanów, Natolin).

Największym źródłem zanieczyszczeń pyłowych i gazowych na Mokotowie są: Elektrociepłownia Siekierki wraz ze składowiskiem popiołów i żużla, ok. 30 kotłowni zlokalizowanych w północnej części Mokotowa, osiem obiektów przemysłowych o dużej uciążliwości oraz środki komunikacji. W niektórych rejonach Mokotowa opad pyłów przekroczył dopuszczalną normę  $250 \text{ ton/km}^2/\text{rok}$ . Zawartość związków ołowiu w powietrzu atmosferycznym powyżej średniorocznego stężenia dopuszczalnego (wynoszącego  $0,0002 \text{ mg/m}^3$ ) stwierdzono na terenach zwartej zabudowy w północnej części Mokotowa [Perek 1990].

Badaniami objęto 16 ogrodów działkowych położonych w Dzielnicy Mokotów: 10 ogrodów działkowych znajduje się na wysoczyźnie lodowcowej, 6 na tarasach Wisły. W latach 1989–1990 pobrano próbki mieszane gleby z głębokości 0–20 i 20–40 cm. Każdy z ogrodów podzielono na transekty zgodnie z wytyczonymi alejkami w stosunku do przyległych ulic. Na jedną glebową próbkę mieszaną składało się 5 lub 6 próbek z pojedynczych działek. Łącznie pobrano 196 próbek glebowych.

Podobnie postępowano przy pobieraniu materiału roślinnego. Warzywa do analiz zbierano w fazie dojrzałości konsumpcyjnej (115 próbek). Oddzielnie analizowano części nadziemne i części podziemne roślin. Warzywa po zebraniu z działek dokładnie myto w wodzie wodociągowej, rozdrabniano i suszono w temp.  $65^\circ\text{C}$ .

Próbki glebowe trawiono na gorąco w 20% HCl. Przed trawieniem glebę rozcierano w młynie agatowym, a następnie materię organiczną spalano w temp.  $480^\circ\text{C}$ . Materiał roślinny (po zmieleniu) spopielało na sucho w temp.  $480^\circ\text{C}$  przez 8 h. Popiół rozpuszczono na gorąco w stężonym HCl rozcieńczonym wodą redestylowaną w stosunku 1 : 1 i przesączono. Analizy wykonano stosując technikę absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej (ASA). W roztworach oznaczono zawartość: Fe, Mn, Zn, Cu i Co bezpośrednio, Pb i Cd zaś przez skompleksowanie i przeprowadzenie do fazy organicznej.

Obliczono także współczynniki korelacji między zawartością poszczególnych metali w glebie.

## WYNIKI I DYSKUSJA

*Gleba.* Z uzyskanych danych wynika, że badane warstwy gleb nie wykazują wzbogacenia w żelazo, mangan i kobalt (tab. 1–3). Ilość tych metali była zbliżona do tła geochemicznego przyjętego dla środkowej i północno-wschodniej Polski [Czarnowska, Gworek 1987b]. W warstwach powierzchniowej (0–20 cm) i głębszej (20–40 cm) zawartość Fe była pozytywnie skorelowana z ilością Mn (odpowiednio  $r^2 = 0,7916^{++}$  i  $r^2 = 0,7844^{++}$ ), a w warstwie 20–40 cm ilość Fe korelowała z ilością Co ( $r = 0,7397^{++}$ ). W warstwie 0–20 cm zawartość Mn była istotnie skorelowana z ilością Co ( $r^2 = 0,7055^{++}$ ). Wysokie współczynniki korelacji, wskazujące na wzajemne zależności między poszczególnymi pierwiastkami, układają się podobnie jak w glebach uprawnych terenów niezanieczyszczonych [Czarnowska, Gworek 1987b].

W badanych warstwach gleb, szczególnie w warstwie powierzchniowej, widoczny jest wzrost zawartości Zn, Pb, Cd i Cu. Związane jest to z opadem pyłów, jak również ze stosowaniem przez działkowiczów nawozów ogrodniczych i środków ochrony roślin, które zawierają cynk i miedź. Więcej cynku i ołowiu stwierdzono w próbkach glebowych pobranych z działek zlokalizowanych przy ruchliwych ulicach północnego Mokotowa, tj. Żwirki i Wigury, Komarowa/Chodkiewicza, Woronicza, Odyńca/Raławicka, Dolina Służewiecka; na Dolnym Mokotowie zaś przy Czerniakowskiej oraz Nadrzeczej (tab. 2). W glebach tych działek było też więcej kadmu, co wskazuje na udział komunikacji miejskiej w zanieczyszczeniu gleb tym metalem, oraz więcej miedzi, szczególnie w ogrodach: I, II, III, VI, VII i XI (tab. 2). Zarówno w warstwie wierzchniej (0–20 cm), jak i

TABELA 1. Zawartość [mg/kg s. m.] metali ciężkich w glebach (N = 196) ogrodów działkowych z dzielnicy Warszawa–Mokotów

Heavy metal contents [mg/kg of d.m.] in soils (N = 196) from allotments of Warszawa –Mokotów District

Pierwiastek Element	Głębokość Depth [cm]	Zakres Range	Średnia Mean	$S\bar{x}$	Średnia z kontroli Control mean
Mn	0–20	162–520	334	92,63	329
	20–40	198–570	331	90,10	307
Zn	0–20	82–364	175	72,06	32
	20–40	45–276	132	63,38	30
Cu	0–20	9,8–31,3	17,0	6,09	8,8
	20–40	8,5–23,6	13,0	4,99	6,4
Co	0–20	2,0–16,0	6,4	4,59	3,7
	20–40	2,0–15,0	5,4	4,09	3,0
Pb	0–20	16–84	32,0	19,02	10,3
	20–40	14–68	21,0	11,27	10,0
Cd	0–20	0,20–2,20	1,04	0,61	0,27
	20–40	0,20–1,80	0,81	0,57	0,20
Fe [%]	0–20	0,69–1,58	1,01	0,22	0,65
	20–40	0,56–1,69	1,00	0,26	0,90

TABELA 2. Zawartość metali ciężkich w glebach ogrodów działkowych dzielnicy  
Warszawa–Mokotów (przy ulicach)  
Heavy metals content in soil from allotments of Warszawa-Mokotów District (near streets)

Nr ogrodu No of garden	Głębokość Depth [cm]	Fe [%]	Mn	Zn	Cu	Co	Pb	Cd
			[mg/kg s.m. gleby – d.m. of soil]					
ul. Komarowa/Chodkiewicza								
I	0 – 20	0,78	262	242	27,0	2	50	2,20
	20 – 40	0,78	300	222	25,0	3	34	1,60
ul. Raławicka/Cmentarz Żołnierzy Radzieckich								
II	0 – 20	0,69	260	122	25,0	4	44	1,40
	20 – 40	0,45	212	114	26,0	4	29	0,30
Al. Żwirki i Wigury/Rostafińskiego								
III	0 – 20	0,67	290	194	31,3	3	51	0,30
	20 – 40	0,67	229	128	12,3	4	22	0,20
ul. Woronicza/Maklakiewicza								
IV	0 – 20	0,92	234	334	14,6	4	60	0,60
	20 – 40	0,67	200	192	23,8	12	37	0,50
ul. Woronicza/Spartańska								
V	0 – 20	0,90	253	320	15,2	4	84	1,60
	20 – 40	0,78	267	237	12,5	2	22	1,30
ul. Odyńca/Raławicka								
VI	0 – 20	0,89	285	194	29,9	4	40	1,00
	20 – 40	0,89	286	185	16,1	4	32	0,90
ul. Woronicza/Al. Niepodległości								
VII	0 – 20	0,78	289	242	22,6	3	38	0,40
	20 – 40	0,79	301	176	23,6	4	37	0,30
Dolina Służewicka								
VIII	0 – 20	1,27	234	215	16,6	4	39	1,60
	20 – 40	1,27	256	200	15,7	3	26	1,70
ul. Czerniakowska/Wolicka								
IX	0 – 20	1,27	520	184	11,2	16	68	2,20
	20 – 40	1,35	570	140	9,8	12	52	1,30
ul. Nadrzeczna								
XI	0 – 20	1,35	460	195	22,1	4	33	1,40
	20 – 40	1,12	470	168	16,8	3	30	1,20
ul. Sobieskiego/Idzikowskiego								
XII	0 – 20	0,89	203	140	13,8	4	26	1,20
	20 – 40	0,94	225	138	11,6	5	24	1,10

TABELA 3. Zawartość metali ciężkich w glebie ogrodów działkowych dzielnicy Warszawa–Mokotów (centralna część ogrodów)

Heavy metals content in soil from allotments of Warszawa-Mokotów District (central part of allotments)

Nr ogrodu No of garden	Głębokość Depth [cm]	Fe [%]	Mn	Zn	Cu	Co	Pb	Cd
			[mg/kg s.m. gleby – d.m. of soil]					
II/7	0–20	0,67	241	114	14,4	4	27	0,30
	20–40	0,67	234	82	12,4	3	14	0,30
III/10	0–20	0,84	278	120	21,0	4	18	0,30
	20–40	0,80	260	113	19,0	3	12	0,20
VII/18	0–20	0,78	253	114	15,5	4	11	0,30
	20–40	0,79	296	105	11,4	4	15	0,30
IX/31	0–20	1,23	415	144	13,3	4	22	0,40
	20–40	1,03	407	127	11,1	3	11	0,30
X/33	0–20	0,90	350	82	8,2	3	14	0,30
	20–40	1,01	330	60	9,6	4	9	0,20
XI/37	0–20	0,90	340	109	14,2	6	16	0,20
	20–40	1,12	350	151	9,0	3	9	0,20
XII/41	0–20	1,01	225	82	11,8	4	17	0,40
	20–40	1,01	260	45	10,6	4	10	0,30
XIII/44	0–20	1,12	390	94	13,4	13	19	0,40
	20–40	1,24	410	88	12,4	13	14	0,30
XIII/47	0–20	1,24	340	94	12,0	9	14	0,60
	20–40	1,11	320	83	8,0	11	12	0,30

głębszej (20–40 cm) zawartość Zn była istotnie skorelowana z ilością Pb ( $r^2=0,6091^{++}$  i  $r^2=0,5911^{++}$ ), Cu zaś z ilością Pb, ale tylko w warstwie 20–40 cm ( $r^2 = 0,4067^{++}$ ). Z literatury [Davies 1978] wiadomo, że w glebach ogrodów Anglii i Walii stwierdzono zbliżone współczynniki korelacji między zawartością Cu i Pb ( $r^2 = 0,485^{++}$ ) oraz Cu i Zn ( $r^2 = 0,603^{++}$ ).

W warstwie powierzchniowej (0–20 cm) wskaźnik nagromadzenia metali śladowych, obliczony w stosunku do ich zawartości w glebach kontrolnych, wynosił: Zn – od 2,3 do 10,1; Pb – od 1,5 do 8,1; Cd – od 0,7 do 8,4; Cu – od 1,1 do 3,5. Wskaźnik nagromadzenia tych metali był znacznie większy w glebach z ogrodów działkowych z innych dzielnic Stolicy [Czarnowska, Gworek 1987a].

Dopuszczalna\* zawartość ołowiu i cynku w glebach badanych ogrodów działkowych położonych przy ruchliwych ulicach została przekroczona. Gleby te należy zaliczyć do słabo zanieczyszczonych (zawierających Zn w ilości 50–200 i Pb – 20–50 mg/kg gleby) lub zanieczyszczonych (zawierających Zn ponad 200 mg/kg i Pb ponad 50 mg/kg gleby). Nawet gleby z działek położonych w głębi ogrodów zostały słabo zanieczyszczone cynkiem (tab. 3). Podwyższona zawartość miedzi w glebach niektórych ogrodów (I, II, III, VI, VII, IX) i kadmu (I, II, V, VIII, IX, XI i XII) wskazuje na słabe zanieczyszczenie gleb tymi metalami.

\*Dla gleb lekkich dopuszczalna zawartość wynosi: ołowiu – 50 mg/kg, kadmu – 3 mg/kg, cynku – 200 mg/kg (M. P. 1986, nr 23, poz. 170).

Porównując średnie zawartości Zn, Pb, Cu i Cd uzyskane w niniejszych badaniach z odpowiednimi średnimi z literatury, można ocenić otrzymane wyniki. Culbard et al. [1988] w glebach brytyjskich ogrodów działkowych stwierdzili podobne do uzyskanych w niniejszych badaniach ilości kadmu, 1,8-krotnie większe cynku, 3,5-krotnie większe miedzi oraz 8,4-krotnie większe ilości ołowiu. Natomiast w glebach ogrodów Krakowa [Grodzińska, Godzik, Szarek 1987] odnotowano 7-krotnie więcej Pb, ponad 17-krotnie więcej Cd, a w glebach ogrodów działkowych w miastach Górnego Śląska [Gzyl 1990] średnio 7-krotnie więcej Pb i 8-krotnie więcej Cd niż w glebach ogrodów działkowych Mokotowa. Także gleby ogrodów działkowych, położonych w innych dzielnicach Warszawy (Śródmieście, Praga Północ, Praga Południe, Ochota i Żoliborz), są bardziej zanieczyszczone Zn, Pb i Cu, a nawet miejscami skażone, w porównaniu z glebami z ogrodów Mokotowa [Czarnowska, Gworek 1987a].

Reasumując uzyskane dane, należy stwierdzić, że gleby badanych ogrodów działkowych wykazują znacznie podwyższoną zawartość Zn, Pb i Cd w wierzchnich warstwach. Gleby te mogą być przeznaczone do produkcji warzyw w centralnej części ogrodów, natomiast należy ograniczyć uprawę warzyw lub jej zaniechać na działkach przylegających do ruchliwych ulic.

*Rośliny.* Zawartość metali ciężkich w badanych warzywach korzeniowych była zróżnicowana (tab. 4). Ilość tych metali zależała od gatunku rośliny, badanego organu, gleby oraz od odległości uprawy od ruchliwych tras komunikacyjnych. W wielu przypadkach nadmierna zawartość metali śladowych jest wynikiem zanieczyszczenia roślin pyłami zawierającymi metale ciężkie, opadającymi na rośliny uprawiane w pobliżu zakładów przemysłowych lub szlaków komunikacyjnych. Wcześniejsze badania prowadzone na terenie siedmiu dzielnic Warszawy, a dotyczące zawartości metali śladowych w niektórych warzywach rosnących w różnej odległości od ulicy, wykazały, że warzywa (sałata, marchew i buraki), podobnie jak gleba, z działek przylegających do ruchliwych ulic były silniej zanieczyszczone metalami śladowymi niż warzywa z działek położonych w głębi ogrodów [Czarnowska, Gworek 1987a].

Części nadziemne badanych warzyw zawierały więcej żelaza niż części podziemne (tab. 4). Najwięcej Fe akumulowało się w naci i korzeniu spichrzowym pietruszki, a najmniej w porach tak w liściach, jak i w cebuli. Pory, pomimo że nie należą do roślin korzeniowych, zostały omówione w tej grupie warzyw. Zbliżone zawartości Fe w warzywach korzeniowych podają inni autorzy [Biernacka, Liwski, Pawlak 1983; Grodzińska, Godzik, Szarek 1987], natomiast Nowakowski [1982] stwierdził w naci marchwi do 1897 mg żelaza w 1 kg s. m.

Stosunek Fe : Zn w korzeniach spichrzowych warzyw jest zbliżony do uzyskanego w warzywach kontrolnych; świadczy to o prawidłowych proporcjach między tymi metalami.

Omawiane warzywa korzeniowe zawierają mniej manganu niż warzywa z działki kontrolnej. Dlatego też stosunek Fe : Mn jest bardzo szeroki (tab. 5), a to wskazuje na nadmiar Fe w roślinach i na niedobór Mn. Właściwa proporcja Fe :

TABELA 4. Zawartość [mg/kg s.m.] Fe, Mn, Zn, Cu, Pb i Cd w warzywach z ogrodów działkowych dzielnicy Warszawa-Mokotów  
Content [mg/ kg of d.m.] Fe, Mn, Zn, Cu, Pb and Cd in vegetables from allotments of Warszawa-Mokotów District

Roślina Plant	Parametry statyst. Statistic parameters	Fe		Mn		Zn		Cu		Pb		Cd	
		L	K	L	K	L	K	L	K	L	K	L	K
Pietruszka Persley N = 26	min.	216	153	17	12	37	27	5,6	7,7	1,0	1,0	1,00	1,10
	maks.	760	720	63	48	85	89	20,3	21,6	43,0	46,0	2,50	1,70
	$\bar{x}$	495	351	38	32	62	52	11,1	13,2	11,6	9,1	1,24	0,73
	$S\bar{x}$	192	141	14	12	14	14	5,0	4,4	7,7	8,8	0,45	0,43
Marchew Carrot N = 27	min.	212	68	21	4	32	21	5,1	4,2	6,1	1,0	0,40	0,10
	maks.	820	306	106	52	104	132	20,4	20,8	118,0	50,0	4,40	2,90
	$\bar{x}$	380	190	43	24	68	52	11,5	10,9	17,7	14,2	1,32	0,69
	$S\bar{x}$	134	69	19	15	19	30	4,6	4,8	16,4	9,9	0,86	0,60
Buraki Red beets N = 20	min.	163	79	18	14	43	28	6,6	2,4	1,0	1,0	0,40	0,10
	maks.	650	580	160	43	233	168	37,2	44,7	72,0	79,0	6,70	6,50
	$\bar{x}$	379	253	46	25	94	80	16,9	18,2	22,1	17,8	1,88	1,24
	$S\bar{x}$	171	149	34	10	50	43	8,2	11,4	21,1	16,1	1,26	1,10
Sellery Celery N = 21	min.	164	104	18	13	46	34	3,3	7,4	1,0	1,0	0,20	0,10
	maks.	383	960	63	43	96	108	25,9	30,2	59,1	68,0	4,20	5,30
	$\bar{x}$	289	279	32	25	65	64	12,5	14,3	18,6	17,0	1,10	0,95
	$S\bar{x}$	67	181	10	8	15	18	6,3	5,7	14,7	16,3	0,83	0,80
Por Leek N = 21	min.	113	28*	12	7	23	24	3,3	2,0	1,0	1,0	0,30	0,20
	maks.	344	177	52	27	78	59	19,6	12,7	65,0	42,0	2,30	1,50
	$\bar{x}$	207	75	25	15	43	36	8,3	6,3	16,1	9,0	1,16	0,76
	$S\bar{x}$	60	49	10	4	16	11	4,3	2,9	13,9	8,4	0,52	0,37
Kontrola – Control (zakres – range)		130 – 180		60 – 140		30 – 50		3,5 – 5,5		0,2 – 0,3		ślady trace	

L – liście – leaves, K – korzeń – root, \* – cebula – bulb

Mn w roślinach wynosi 1,5–2,5 : 1. Wąski stosunek Mn : Zn w badanych warzywach świadczy natomiast o niedoborze w nich manganu.

Warzywa zawierały cynku od 21 do 233 mg/kg s. m. Najwięcej cynku stwierdzono zarówno w częściach nadziemnych, jak i w korzeniach spichrzowych buraków, marchwi i selerów. Część warzyw zawiera nadmierne ilości cynku, szczególnie z działek przylegających do ruchliwych ulic.

Zawartość miedzi w badanych warzywach mieściła się w granicach 2,0–44,7 mg/kg s. m. Więcej miedzi, podobnie jak cynku, występowało w warzywach z działek położonych w pobliżu ruchliwych ulic, dotyczy to szczególnie buraków i selerów. Najmniej miedzi kumulowały pory. Stosunek Cu:Zn w warzywach z

TABELA 5. Stosunki ilościowe między metalami ciężkimi w roślinach  
Ratios of heavy metals in plants

Roślina Plant		Fe : Mn	Fe : Zn	Mn : Zn	Zn :Cd	Cu : Zn
Pietruszka Parsley	L	13,02	7,98	0,61	53,40	0,13
	K	10,96	6,75	0,61	71,20	0,25
Marchew Carrot	L	9,02	5,57	0,61	51,51	0,16
	K	8,00	3,28	0,41	71,19	0,17
Buraki Red beets	L	8,50	3,97	0,46	72,21	0,17
	K	10,11	3,12	0,30	103,84	0,22
Seler Celery	L	10,93	5,46	0,50	58,18	0,22
	K	11,16	4,35	0,39	67,36	0,22
Por Leek	L	8,28	4,81	0,58	29,31	0,19
	B	5,00	2,08	0,41	48,00	0,17
Kontrola Control		1,28 – 2,16	3,6 – 4,3	2,0 – 2,8	–	0,11

L – liście – leaves; K – korzenie – roots, B – cebula – bulb.

działek z Mokotowa jest zbliżony lub 2-krotnie szerszy niż w warzywach z działki kontrolnej.

Badane warzywa zawierały niepokojąco dużo ołowiu (1–74 mg/kg s. m.) i kadmu (0,10–6,70 mg/kg s. m.) mimo średniego zanieczyszczenia gleb tymi metalami. Najwięcej ołowiu było w burakach, selerach i marchwi (korzenie spichrzowe). Biorąc pod uwagę średnie ilości Cd w części jadalnej badanych warzyw, można je pod względem zawartości tego pierwiastka uszeregować następująco: buraki > seler > pory (cebula) > pietruszka > marchew.

W warunkach Mokotowa, gdzie dominują małe kompleksy ogrodów działkowych, na podstawie zawartości metali ciężkich w glebach nie można przewidywać zanieczyszczenia roślin. W warzywach z ogrodów działkowych Krakowa [Grodzińska, Godzik, Szarek 1987] stwierdzono średnio 3-krotnie mniej ołowiu i 1,2–2,0-krotnie mniej kadmu niż w badanych warzywach z Mokotowa. Natomiast pietruszka, seler, marchew i buraki z ogrodów działkowych woj. katowickiego [Gzyl 1990] zawierały zbliżone ilości kadmu, ale znacznie mniej ołowiu w porównaniu z warzywami z Mokotowa. Tylko w niektórych warzywach (marchew, buraki, pory) uprawianych w pobliżu "Petrochemii" płockiej odnotowano więcej ołowiu niż w warzywach z działek mokotowskich [Biernacka, Liwski, Pawlak 1983; Nowakowski 1982].

Na podstawie obszernego materiału analitycznego stwierdzono, że zawartość Fe, Mn i Cu w badanych częściach warzyw na ogół mieści się w granicach ogólnie przyjętych dla roślin rosnących w warunkach mało zmienionych przez człowieka.

Natomiast badane rośliny rosnące w pobliżu ruchliwych tras komunikacyjnych wykazywały nadmierną ilość ołowiu i kadmu w stosunku do roślin z działek na obrzeżach Dzielnicy Mokotów. Należy więc ogrody działkowe otoczyć od strony ruchliwych ulic gęstymi i wysokimi żywopłotami, które spełniają rolę pewnego rodzaju mechanicznych filtrów zatrzymujących zanieczyszczenia pyłowe.

Kabata-Pendias et al. [1993] zaproponowali następujące progowe zawartości metali śladowych w konsumpcyjnych płodach rolnych (w mg/kg s. m.): Zn  $\leq$  50, Pb  $\leq$  1,0, Cd  $\leq$  0,15. Gdy weźmie się pod uwagę średnie zawartości tych metali śladowych w badanych korzeniach śpichrzowych oraz w cebulach porów, wówczas okaże się, że warzywa zawierały progowe lub nieco większe ilości cynku. Natomiast w większości badanych warzyw było od 9- do 17,8-krotnie więcej Pb i od 4,6- do 8,8-krotnie więcej kadmu. Wobec takiej reakcji roślin na zanieczyszczenie środowiska metalami śladowymi, proponuje się, aby na działkach ograniczyć uprawę buraków, marchwi, pietruszki, selerów i porów. Z innych badań wynika [Curzydło 1988], że na działkach znajdujących się na terenach zurbanizowanych można uprawiać ogórki, cukinię, kabaczki, dynię, fasolę, bób, a także krzewy owocowe i ozdobne.

## WNIOSKI

Uzyskane wyniki badań oraz ich konfrontacja z danymi z literatury pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. W badanych glebach ogrodów działkowych zawartość żelaza, manganu i kobaltu jest zbliżona do tła geochemicznego; gleby centralnej części ogrodów wykazują podwyższoną zawartość cynku, miedzi, ołowiu i kadmu. Tylko gleby z działek położonych przy ruchliwych arteriach komunikacyjnych są w różnym stopniu zanieczyszczone cynkiem, ołowiem i kadmem. Dlatego też ogrody działkowe od strony ulic powinny być otoczone gęstymi żywopłotami.

2. Części nadziemne warzyw zawierają więcej żelaza, cynku, manganu i kadmu niż korzenie śpichrzowe.

3. Części jadalne badanych warzyw zawierają nadmierne, a nawet toksyczne ilości ołowiu i kadmu. Toteż na działkach z Mokotowa, szczególnie przylegających do ruchliwych ulic, należy ograniczyć uprawę warzyw korzeniowych.

## LITERATURA

Atlas Warszawy. 1975, PPWG, Warszawa.

BIERNACKA E., LIWSKI S., PAWLAK L., 1983: Skażenie warzyw, drzew i krzewów wokół płockiej "Petrochemii". *Aura* 3: 8-10.

CULBARD E.B., THORNTON J., WATT M., WHEATHEY S., MOORCROFT S., THOMPSON M., 1988: Metal contamination in British urban dusts and soils. *J. Environ. Qual.* 17, 2: 226-234.

CURZYDŁO J., 1988: Ołów i cynk w roślinach i glebach w sąsiedztwie drogowych szlaków komunikacyjnych. Rozpr. habil. 127, *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, s. 70.

- CZARNOWSKA K., GWOREK B., 1987a: Wpływ zanieczyszczeń miejskich na zawartość metali ciężkich w glebach i warzywach warszawskich ogrodów działkowych. *Rocz. Nauk. Rol. Ser A*, 107, 2: 23–33.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B., 1987b: Metale ciężkie w glebach środkowej i północnej Polski. *Rocz. Glebozn.* 38, 2: 41–57.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B., 1994: Pierwiastki śladowe w warzywach liściowych i owocach z ogrodów działkowych Dzielnicy Warszawa-Mokotów. *Rocz. Glebozn.* 45, 1/2: 35–42.
- DAVIES B.E., 1978: Plant-available lead and other metals in British garden soils. *Sci. Total Environ.* 9: 243–262.
- GRODZIŃSKA K., GODZIK B., SZAREK B., 1987: Vegetables and soil contamination of heavy metals in allotment gardens in Kraków agglomeration. *Bull. Pol. Acad. Sci. Biol.*, 35, 47: 111–122.
- GZYL J., 1990: Lead and cadmium contamination of soil and vegetables in the upper Silesia Region of Poland. *Sci. Total Environ.* 93: 199–209.
- HIBBEN C.R., HAGER S. S., MAZZA Ch.P., 1984: Comparison of cadmium and lead content of vegetable crops grown in urban and suburban. *Environ. Pollut. B*, 7, 1: 71–80.
- KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M., TERELAK H., WITEK T., 1993: Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Puławy, P(53): 20.
- MARCHWIŃSKA E., KUCHARSKI R., GZYL J., 1984: Zawartość kadmu w pyłe opadającym, glebie i warzywach uprawianych na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. *Rocz. PZH*, t. 35, 1: 23–28.
- NOWAKOWSKI W., 1982: Wpływ emisji przemysłu rafineryjno-petrochemicznego na wzrost roślin warzywnych oraz ich skład chemiczny. *Rozpr. Nauk. i Monogr.*, Wyd. SGGW-AR, Warszawa s. 108.
- PEREK M., 1990: Degradacja środowiska naturalnego na obszarze Mokotowa w Warszawie. *Kwart. Geolog.* 34, 4: 745–760.

K. CZARNOWSKA<sup>1</sup>, B. GWOREK<sup>1</sup>, A. SZAFRANEK<sup>2</sup>

## ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN SOILS AND ROOT-VEGETABLES FROM ALLOTMENT GARDENS OF WARSZAWA-MOKOTÓW DISTRICT

<sup>1</sup>Department of Soil Science, Warsaw Agricultural University

<sup>2</sup>Institute of Economical Geodesy, Warsaw Technical University

### SUMMARY

Heavy metal content was examined in soils (196 samples) and in root-vegetables (115 samples) sampled in 16 allotment gardens within the Warszawa-Mokotów District. The content of Fe, Mn, and Co in soils was found to approximate the soil geochemical baseline value while Zn, Cu, Pb and Cd amounts were considered to be elevated. Only the soils in gardens alongside busy roads were considered to be more or less polluted by zinc, lead and cadmium (Table 2). The above-ground parts of vegetables contain more iron, zinc, manganese and cadmium than storage roots, while edible plant parts contain excessive amounts of lead and cadmium (Table 4). The quantitative relationship was calculated between pairs of heavy metals in question (Table 5).

*Praca wpłynęła do redakcji w październiku 1993 r.*