

STANISŁAW WŁAŚNIEWSKI, EDMUND HAJDUK

Katedra Gleboznawstwa, Chemii Środowiska i Hydrologii, Uniwersytet Rzeszowski

## AKUMULACJA KADMU W GLEBACH I WYBRANYCH WARZYWACH UPRAWIANYCH W OGRODACH DZIAŁKOWYCH RZESZÓWA

### THE ACCUMULATION OF CADMIUM IN SOILS AND SELECTED VEGETABLES CULTIVATED IN THE ALLOTMENT GARDENS OF RZESZÓW

*Abstract:* The research presents the results of determining the cadmium content in soils and vegetables (carrot and celery roots and leaves) from allotment gardens in Rzeszów. Beside basic physico-chemical soil properties, cadmium content (AAS technique) in perchloric acid and the extract of 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup> were also determined in material collected from 11 groups of allotment gardens. The content of Cd in vegetables was determined in soluble H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. The content of cadmium in soil was variable (0.21–0.99 mg·kg<sup>-1</sup>) and its average concentration reached 0.42 mg·kg<sup>-1</sup>. Total Cd content was statistically correlated with soil particle size fractions (< 0.02 mm). As much as 95% of the soils exhibited a natural content (0°) of Cd and 5% of the soils showed increased levels of cadmium (1°). The soils and vegetables from allotment gardens located near busy roads were more polluted by cadmium. The excess of the critical contents of cadmium (0.15 mg·kg<sup>-1</sup>) in carrot and celery disqualifies these vegetables for consumption.

*Słowa kluczowe:* kadm, gleby, warzywa, ogrody działkowe

*Key words:* cadmium, soils, vegetables, allotment gardens

#### WSTĘP

Rodzinne ogrody działkowe (ROD) służą zaspokajaniu rekreacyjnych potrzeb społeczności lokalnych. Dają także możliwość prowadzenia upraw ogrodniczych na własne potrzeby. Jako tereny zielone, podnoszące standardy ekologiczne otoczenia, podlegają ochronie przewidzianej w przepisach o ochronie gruntów rolnych i leśnych, a także w przepisach dotyczących ochrony przyrody i ochrony środowiska [Ustawa 2005]. W Polsce w 2008 roku było 4970 rodzinnych ogrodów działkowych, zajmujących powierzchnię 435 18 ha (965 tys. działek uprawnych) [GUS 2009]. Tereny ogrodów działkowych położone są na ogół pomiędzy granicami administracyjnymi miast oraz granicami zainwestowania miejskiego. Ze względu na lokalizację, gleby większości ogrodów narażone są na akumulację zanieczyszczeń pochodzenia miejsko-przemysłowego, zawierających metale ciężkie, które mogą być włączane do łańcucha troficznego [Kabata-Pendias, Pendias 1999; Wła-

śniewski 2003]. W grupie metali ciężkich, szczególnie niebezpiecznych, mogących wpływać na zdrowie człowieka najczęściej wymienia się kadm [Kabata-Pendias, Pendias 1999]. Celem podjętych badań było określenie wpływu zanieczyszczeń miejskich na zawartość kadmu w glebach i warzywach uprawianych w ogrodach działkowych Rzeszowa.

#### MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto 11 dużych kompleksów ogrodów położonych w aglomeracji Rzeszowa, w różnych kierunkach i odległościach od dróg, przy których stwierdzono największy poziom zanieczyszczeń w pyłe opadającym i zawieszonym [WIOŚ 2009]. W obrębie każdego kompleksu ogrodów pobierano próbki glebowe z losowo wybranych 2–3 działek. Materiał badawczy pochodził z wierzchnich poziomów gleby, z głębokości 0–20 cm. Z tych samych miejsc pobrano, w fazie pełnej dojrzałości konsumpcyjnej korzenie i liście marchwi (*Daucus carota L.*) oraz selera (*Apium graveolens L.*). W powietrzu suchym

materiale glebowym określono podstawowe właściwości fizyczne i fizykochemiczne gleb.

W próbkach badanych gleb oznaczono, zbliżoną do ogólnej, zawartość kadmu po trawieniu próbek w 70% kwasie chlorowym(VII) oraz formy kadmu rozpuszczalne w 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup>. Materiał roślinny po wcześniejszym wysuszeniu i rozdrobnieniu, mineralizowano w mieszaninie kwasów: azotowego(V), chlorowego(VII) i siarkowego(VI) w stosunku 20:5:1. W otrzymanych roztworach określono zawartość kadmu za pomocą spektrometru absorpcji atomowej. Analizę statystyczną otrzymanych wyników przeprowadzono za pomocą programu Statistica 8.0. Przy obliczaniu średnich wartości pH uwzględniono stężenie jonów wodorowych. Zmierzoną wartość pH przeliczono na stężenie jonów wodorowych wg wzoru:  $[H^+] = 10^{-pH}$  [mol·dm<sup>-3</sup>], a po obliczeniu średniego stężenia jonów wodorowych zamieniono na średnie pH wg wzoru:  $pH_{sr} = -\log [H^+]_{sr}$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

Gleby badanych ogrodów wytworzone były z utworów pyłowych, ilastych i gliniastych. Charakteryzowały się dość zróżnicowanym składem granulometrycznym, zawartość części <0,02 mm mieściła się w zakresie od 29 do 62% (współczynnik zmienności 22%). Gleby

bardzo ciężkie o składzie granulometrycznym ilów występowały w ogrodach „Nasz Gaj” i „Przyszłość”. Odczyn gleby mieścił się w dość szerokim przedziale (pH 4,93–7,13), jednak większość badanych gleb wykazywała odczyn obojętny lub słabo kwaśny. Jedynie gleby ogrodów działkowych „Baranówka” i „Staroniwa” miały odczyn kwaśny (tab. 1).

Zawartość kadmu w glebach ogrodów działkowych mieściła się w przedziale od 0,21 do 0,99 mg·kg<sup>-1</sup>, przy średniej geometrycznej koncentracji 0,42 mg·kg<sup>-1</sup> gleby (tab. 1). Największe ilości kadmu stwierdzono w glebach ogrodów „Przyszłość”, „Budowlani” i „Nasz Gaj”. Ilości te były większe od 0,6 mg·kg<sup>-1</sup>, którą to wartość przyjmuje się jako poziom zawartości naturalnej [Dudka 1992]. Stwierdzony średni poziom kadmu w glebach ogrodów działkowych Rzeszowa był wyższy od średniej zawartości kadmu w glebach użytków rolnych województwa podkarpackiego (0,28 mg·kg<sup>-1</sup>) [Terelak, Tujaka 2003], jednak wielokrotnie niższy od dopuszczalnej zawartości kadmu (4 mg·kg<sup>-1</sup>) określonej przez Ministra Środowiska [Dz.U. 2002]. W 6-stopniowej skali zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi, zaproponowanej przez IUNG [Kabata-Pendias i in. 1993] 95% gleb ogrodów działkowych Rzeszowa mieści się w zakresie zawartości naturalnych Cd (0°), a 5% wykazuje podwyższoną zawartość kadmu (1°). Podwyższona zawar-

TABELA 1. Wybrane właściwości badanych gleb ogrodów działkowych  
TABLE 1. Some properties of examined soils of allotment gardens

Objekt Object	Ogród Garden	Zawartość frakcji (%) Content of fraction			pH <sub>KCl</sub>	Kadm Cadmium		
		1–0,1 mm	0,1–0,02 mm	< 0,02 mm		A	B	C
						g·kg <sup>-1</sup>		
1.	Kabaczek	21	44	35	5,65	0,31	0,29	93,6
2.	Baranówka	7	63	31	4,93	0,21	0,16	78,3
3.	Budowlani	12	51	41	6,66	0,99	0,34	54,8
4.	Krokus	26	35	40	7,06	0,48	0,34	71,3
5.	Mieszko	12	51	37	7,13	0,29	0,23	77,0
6.	Wspólna Niwa	14	53	34	6,57	0,35	0,22	62,1
7.	Przyszłość	20	26	55	6,58	0,73	0,50	68,8
8.	Zalesie	18	40	42	6,56	0,53	0,42	80,5
9.	Nasz Gaj	8	27	62	6,67	0,93	0,61	68,6
10.	Staroniwa	8	56	36	5,13	0,29	0,19	65,5
11.	Małopolanin	23	48	29	6,20	0,22	0,16	73,4
Średnia arytmetyczna Geometric mean		15	45	40	6,29	0,48	0,31	72,2
Średnia geometryczna Geometric mean		14	43	40	6,24	0,42	0,28	71,5
Mediana; Median		14	48	37	7,13	0,35	0,29	71,3
Zakres; Range		7–26	26–63	29–62	4,93–7,13	0,21–0,99	0,16–0,61	54,8–93,6
Współczynnik zmienności Coefficient of variation (%)		43	26	22	12	58	47	14

Objaśnienia – Explanations: A – formy całkowite, total forms; B – zawartość form rozpuszczalnych w 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup>; content of soluble form in the 1 mol HCl·dm<sup>-3</sup>; C – udział formy rozpuszczalnej w całkowitej zawartości (%), content of soluble form as % of the total content.

tość kadmu w glebie nie dyskwalifikuje jej z rolniczego wykorzystania. Może być ona przeznaczona do wykorzystania rolniczego, jedynie z wyłączeniem upraw roślin do produkcji żywności o szczególnie małej zawartości pierwiastków szkodliwych, np. z ograniczeniem uprawy warzyw przeznaczonych dla dzieci.

Zawartość kadmu rozpuszczalnego w 1 mol  $\text{HCl}\cdot\text{dm}^{-3}$  wahała się w badanych glebach w przedziale od 0,16 do 0,61  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i stanowiła średnio 72% zawartości całkowitej (tab. 1). Rozpuszczalność kadmu zależała od pH, największą stwierdzono w silnie zakwaszonych glebach położonych w pobliżu dróg o dużym natężeniu ruchu samochodowego.

Zawartość kadmu w glebach ogrodów działkowych Rzeszowa związana jest bardziej z naturalnym procesem glebotwórczym, niż z wielkością emisji i odległością od źródła zanieczyszczenia. Wskazuje na to statystycznie istotna korelacja pomiędzy zawartością kadmu i składem granulometrycznym gleb oraz mała zależność z pH i zawartością substancji organicznej (tab. 2).

Problem zanieczyszczenia kadmem gleb ogrodów działkowych aglomeracji miejskich był przedmiotem licznych publikacji [Czarnowska i in. 1994; Gambuś, Wieczorek 1995; Mocek i in. 1995; Jasiewicz i in. 1997; Lipińska, Oprządek 1999]. Lipińska i Oprządek [1999] w oddalonych od ruchliwych tras komunikacyjnych glebach ogrodów działkowych Siedlec, oznaczyły niski poziom kadmu (0,13–0,35  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). W glebach Poznania [Jakubus, Czekala 1998] kadm wykazywał największe zróżnicowanie (od 0,36 do 12,04  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , średnio 0,94  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) wśród metali ciężkich. Średnie zawartości kadmu w glebach z terenu Poznania przekraczały prawie dwukrotnie zawartość stwierdzoną w glebach ogrodów Rzeszowa. Równie wysoką zawartość kadmu (0,89  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) w

piaszczystych glebach ogrodów działkowych Polkowic, znajdujących się pod presją zanieczyszczeń kombinatu miedziowego, oznaczyli Mocek i in. [1995]. Większe zanieczyszczenie kadmem (0,30–2,20  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) gleb ogrodów działkowych Warszawy, położonych przy ruchliwych ulicach, stwierdziła Czarnowska i in. [1994]. Wyraźnie silniej zanieczyszczone kadmem są gleby Krakowa [Gambuś, Wieczorek 1995] i Górnego Śląska [Jasiewicz i in. 1997], w których średnią zawartość oscylującą w granicach od 2 do 6  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  można określić jako niebezpieczną dla roślin oraz ich konsumentów. Czarnowska i Bednarz [2000] wskazują na duży udział pyłu ulicznego w zanieczyszczeniu gleb terenów miejskich, położonych w sąsiedztwie szlaków komunikacyjnych.

Prowadzone w Rzeszowie w latach 2003–2008, w ramach monitoringu środowiska miejskiego, badania zanieczyszczenia powietrza wskazują na przekroczenie standardów imisyjnych, w zakresie pyłu zawieszzonego PM10, zawierającego średnioroczne stężenia kadmu na poziomie 1,0  $\text{ng}\cdot\text{Cd}\cdot\text{m}^{-3}$  [WIOŚ 2009]. Wyższe zawartości kadmu w glebach ogrodów „Nasz Gaj” i „Przyszłość”, położonych w południowej części Rzeszowa, można wiązać z utrzymującym się w tej części miasta wysokim poziomem zanieczyszczeń podstawowych ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ), którym towarzyszy również wyższa emisja zanieczyszczeń pyłowych zawierających kadm. Ich źródłem są lokalne jednostki ciepłownicze oraz zanieczyszczenia komunikacyjne.

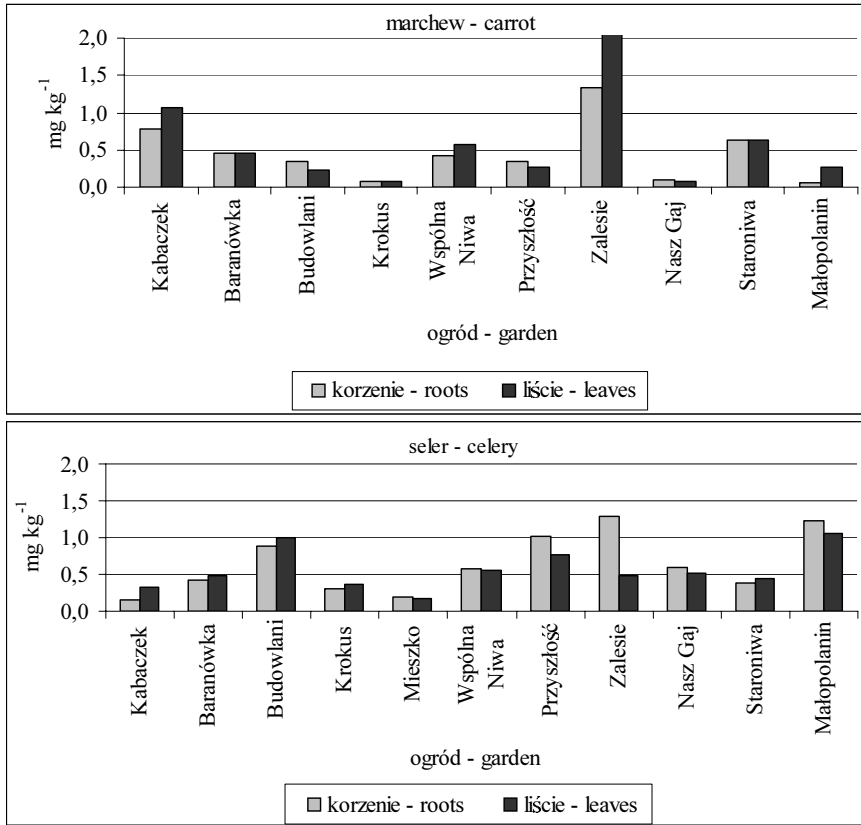
Zawartość kadmu oznaczono w uprawianych często w ogrodach warzywach: marchwi i selerze. Kabata-Pendias i Pendias [1999] zaliczają warzywa korzeniowe do roślin wykazujących szczególną podatność do akumulowania kadmu.

Zawartość kadmu w korzeniach marchwi była zróżnicowana, mieściła się w przedziale od 0,05 do 1,33  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i wynosiła średnio 0,29  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Największe ilości Cd w korzeniach oznaczono w kompleksie ogrodów „Zalesie” – 1,33  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , natomiast najmniejsze w marchwi uprawianej w kompleksie „Małopolanin” (0,05  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), „Krokus” (0,08  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i „Nasz Gaj” (0,09  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (rys. 1). Korzenie gromadziły mniejsze ilości tego metalu niż liście. Zawartość kadmu w liściach marchwi kształtowała się na poziomie od 0,08 do 2,15  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Najwyższą zawartość kadmu 2,15  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  oznaczono w liściach marchwi z kompleksu ogrodów działkowych „Zalesie”. Niskie zawartości (0,08  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) stwierdzono w liściach marchwi z ogrodów działkowych „Krokus”. Wskaźnik bioakumulacji kadmu (obliczony jako stosunek zawartości kadmu w roślinie do jego zawartości w glebie) w korzeniach marchwi osiągnął wartość 0,68, w liściach 0,84 (rys. 2). Kadm należy do pierwiastków charak-

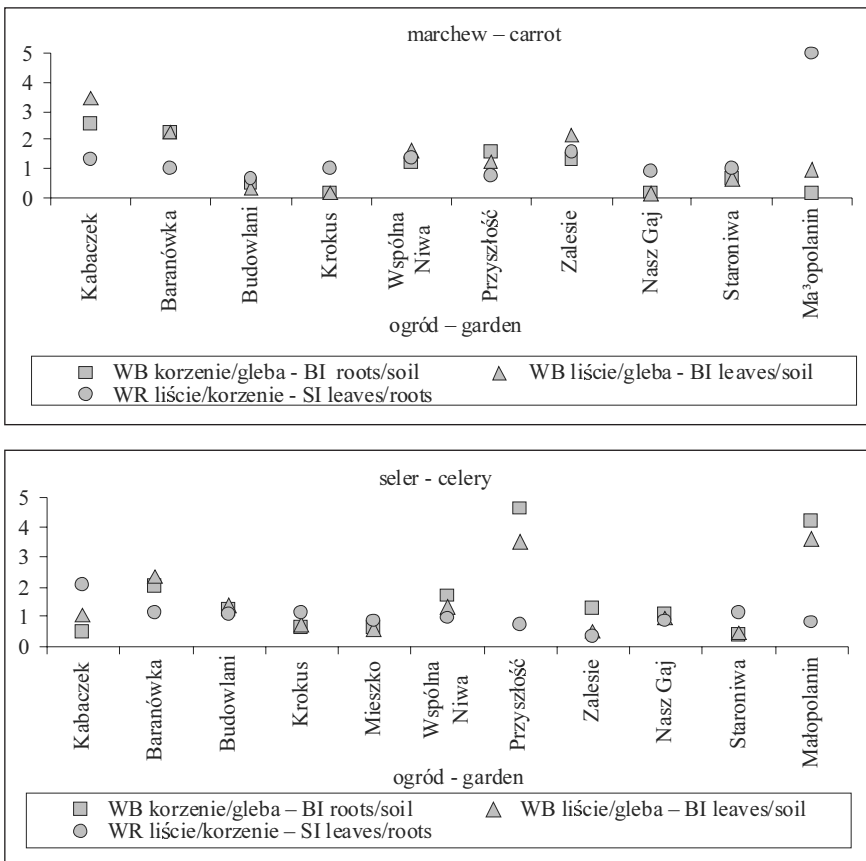
TABELA 2. Współczynniki korelacji liniowej (r) pomiędzy zawartością kadmu w glebie i jej niektórymi właściwościami  
TABLE 2. Coefficients of linear correlation (r) between some properties and cadmium total content in soils

$\text{pH}_{\text{KCl}}$	Corg	Hh	S	T	V	Zawartość frakcji Content of fraction [%]	
						< 0,02 mm	< 0,002 mm
0,25	0,38	-0,24	0,50	0,50	0,37	0,58*	0,55
Cu	Ni	Pb	Zn				
0,66**	0,64**	0,76**	0,81**				

Objaśnienia – Explanations: Corg – organic C, H – hydrolytic acidity, S – base cation capacity, T – total cation exchangeable capacity, V – base cation saturation; korelacja istotna na poziomie istotności: \* $p=0,01$ ; \*\* $p=0,001$ , correlation significant at: \* $p=0,01$ ; \*\* $p=0,001$ .



RYSUNEK 1. Zawartość kadmu w marchwi i selerze  
FIGURE 1. Cadmium content in carrot and celery



RYSUNEK 2. Wskaźnik bioakumulacji (WB) i wskaźnik rozmieszczenia (WR) kadmu w roślinach  
FIGURE 2. Bioaccumulation index (BI) and Spacing index (SI) of cadmium in plants

teryzujących się wysokim (do 10) wskaźnikiem bioakumulacji, a jego zawartość w roślinach jest często funkcją wprost proporcjonalną do jego zawartości w podłożu [Kabata-Pendias 2000].

Uprawiane w tych samych warunkach glebowych rośliny selera akumulowały w korzeniach średnio ponad dwukrotnie większe ilości kadmu ( $0,63 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) niż marchew (rys. 1). Największe ilości kadmu oznaczono w ogrodach „Zalesie” ( $1,28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i „Małopolanin” ( $1,23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Liście selera gromadziły nieznacznie mniejsze ilości kadmu ( $0,56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) niż korzenie. Wskaźnik bioakumulacji kadmu w korzeniach selera wynosił średnio 1,24, a w liściach 1,20 (rys. 2).

Koncentracja kadmu w badanych warzywach związana była w niewielkim stopniu z właściwościami wierzchniej warstwy gleb. Statystycznie istotną, ujemną korelację stwierdzono tylko pomiędzy zawartością kadmu w korzeniach i liściach marchwi a pojemnością sorpcyjną i zawartością części splawialnych w glebie. Również tylko w przypadku marchwi stwierdzono ujemną zależność między zawartością Cd w roślinach a zawartością w glebie ogólnych i „potencjalnie przyswajalnych” dla roślin (rozpuszczalnych w HCl o stężeniu  $1 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) form tego pierwiastka, co wskazuje na możliwość pobierania kadmu z innego źródła niż gleba (np. z zanieczyszczeń atmosferycznych).

Według wytycznych zawartych w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. [Dz.U. 2003] zawartość kadmu w warzywach korzeniowych i łodygowych przeznaczonych do konsumpcji nie powinna przekraczać  $0,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  świeżej masy produktów lub  $0,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. (przy średniej zawartości – 20% suchej masy w korzeniach badanych warzyw). Przyjmując podane normy zawartości stwierdzić można, że dopuszczalne stężenie tego metalu przekracza blisko połowa badanych próbek marchwi i aż 70% próbek selera.

Ocenę przydatności konsumpcyjnej marchwi oraz selera przeprowadzono również, wykorzystując zaproponowane przez Kabatę-Pendias i in. [1993] zawartości krytyczne metali śladowych w płodach rolnych. Dopuszczają one do wykorzystania konsumpcyjnego rośliny o zawartości nieprzekraczającej  $0,15 \text{ mg Cd}$  w  $\text{kg s.m.}$  Wszystkie konsumpcyjne części roślin, marchwi i selera zawierały nadmierne ilości kadmu.

Kabata-Pendias i Pendias [1999] podają, że kadm jest pobierany wyjątkowo łatwo, zarówno przez system korzeniowy jak i liście, na ogół proporcjonalnie do stężenia w środowisku, bez względu na właściwości gleby. Aczkolwiek kwaśny odczyn gleb uważany jest za najważniejszy czynnik wpływający na zwiększoną jego fitoprzyswajalność.

Porównując uzyskane wyniki z danymi dostępnymi w literaturze przedmiotu można stwierdzić, że w badanych warzywach Cd występował na poziomie spotykanym w roślinach uprawianych na terenach rolniczych [Właśniewski 1998] oraz w mniej uprzemysłowionych miastach średniej wielkości (Tarnów, Siedlce) [Curyło 1997, Lipińska 2000]. Zawartość kadmu w warzywach z ogrodów Rzeszowa przekraczała wprawdzie dopuszczalny poziom  $0,4 \text{ mg Cd}$  w  $\text{kg s.m.}$ , jednak była znacznie niższa od zawartości Cd w warzywach uprawianych na terenie dużych miast lub w okręgach przemysłowych [Czarnowska i in. 1994; Tyksiński i in. 1995; Rosada, Nijak 2001; Bielicka i in. 2009]. Bardzo wysokie zawartości Cd w korzeniach marchwi i selera (odpowiednio  $2,68$  i  $3,51 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) oznaczyli również w ogrodach działkowych Sosnowca Jasiewicz i in. [1997] oraz Golcz i Dłubiak [1998] w liściach pietruszki ( $1,40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) z aglomeracji poznańskiej. Rośliny z siedlisk zanieczyszczonych pobierają znaczne ilości kadmu, a części nadziemne gromadzą go znacznie więcej niż części podziemne. Układ taki potwierdza dominujący wpływ zanieczyszczeń przenoszonych w atmosferze [Czarnowska i in. 1994].

TABELA 3. Współczynniki korelacji liniowej (r) pomiędzy niektórymi właściwościami gleb i zawartością kadmu w roślinach  
TABLE 3. Coefficients of linear correlation (r) between some soils properties and cadmium content in plants

Właściwość Parameter	Marchew Carrot		Seler Celery	
	korzenie roots	liście leaves	korzenie roots	liście leaves
$\text{pH}_{\text{KCl}}$	0,02	0,02	0,15	0,15
$\text{C}_{\text{org}}$ – Organic C	-0,26	-0,26	0,19	0,19
H – Hydrolytic acidity	-0,09	-0,09	-0,14	-0,14
S – Base cation capacity	-0,38*	-0,39*	0,05	0,05
T – Total cation exchangeable capacity	-0,40*	-0,40*	0,04	0,04
V – Base cation saturation	-0,08	-0,08	0,18	0,18
Fracja < 0,02 mm – Fraction < 0,02 mm	-0,37*	-0,37*	-0,02	-0,03
Cd ogółem – Cd total	-0,36*	-0,36*	-0,17	-0,17
Cd przys. – Cd av.	-0,45**	-0,45**	-0,08	-0,08

Objaśnienia – Explanations: korelacja istotna na poziomie istotności: \*p = 0,05; \*\*p=0,01; correlation significant at: \*p = 0,05, \*\*p = 0,01.

Zawartość kadmu w korzeniach marchwi uprawianej w Polsce mieści się w przedziale 0,016–0,177 mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy, a uprawiane w ogrodach miejskich położonych w rejonach zanieczyszczonych, gromadzą w liściach nawet 2,7 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. i 0,6 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. w korzeniach [Kabata-Pendias, Pendias 1999].

## WNIOSKI

1. Zawartość kadmu w wierzchniej warstwie gleb ogrodów działkowych Rzeszowa była niska (zakres 0,21–0,99 mg·kg<sup>-1</sup>, średnia geometryczna 0,42 mg·kg<sup>-1</sup>) i mieściła się, w przyjętym dla gleb Polski zakresie zawartości naturalnych. Podwyższoną zawartość kadmu w trzech ogrodach („Przyszłość”, „Budowlani” i „Nasz Gaj”) należy wiązać w pierwszej kolejności ze składem granulometrycznym gleb, a następnie z położeniem wzdłuż ruchliwych tras komunikacyjnych.
2. Marchew i seler, pochodzące z ogrodów działkowych Rzeszowa, zawierały kadm w ilościach przekraczających dopuszczalne stężenia tego metalu, określone w przepisach krajowych.
3. Zawartość kadmu w badanych warzywach w bardzo małym stopniu związana była z właściwościami wierzchniej warstwy gleb, w tym z zawartością ogólnych i rozpuszczalnych form kadmu w glebie.

## LITERATURA

- BIELICKA A., RYLKO E., BOJANOWSKA I. 2009. Zawartość pierwiastków metalicznych w glebach i warzywach ogrodów działkowych Gdańska i okolic. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, **40**: 209–216.
- CURYŁO T. 1997. Zawartość metali ciężkich w warzywach z ogrodów działkowych w Tarnowie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **448b**: 35–42.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B., SZAFRANEK A. 1994. Akumulacja metali ciężkich w glebach i warzywach korzeniowych z ogrodów działkowych dzielnicy Warszawa-Mokotów. *Rocz. Glebozn.* **45**, 1/2: 45–54.
- CZARNOWSKA K., BEDNARZ I. 2000. Heavy metals in street dust from Warsaw. *Rocz. Glebozn.* **51**, 3/4: 29–36.
- DUDKA S. 1992. Ocena całkowitych zawartości pierwiastków głównych i śladowych w powierzchniowej warstwie gleb Polski. R(293), IUNG Puławy: 48 ss.
- Dz.U. 2002. Nr 165, poz. 1359. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi.
- Dz.U. 2003. Nr 37, poz. 326. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności.
- Dz.U. 2005. Nr 169, poz. 1419. Ustawa z dnia 8 lipca 2005 r. o rodzinnych ogrodach działkowych.
- GAMBUŚ F., WIECZOREK J. 1995. Metale ciężkie w glebach i warzywach z krakowskich ogrodów działkowych. *Acta Agrar. et Silv., Agr.* **33**: 45–59.
- GOLCZ A., DŁUBIAK S. 1998. Zawartość metali ciężkich w wybranych gatunkach warzyw. *Rocz. AR Poznań CCCIV, Ogród.* **27**: 95–99.
- GUS 2009. Ochrona Środowiska 2009: www.stat.gov.pl
- JAKUBUS M., CZEKAŁA J. 1998. Metale ciężkie i siarka w glebach uprawnych miasta Poznania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **460**: 249–258.
- JASIEWICZ C., SENDOR R., BUCZEK J. 1997. Zawartość Cd i Ni w wybranych gatunkach warzyw uprawianych w ogrodach działkowych Sosnowca. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **448b**: 87–92.
- KABATA-PENDIAS A., MOTOWICKA-TERELAK T., PIOTROWSKA M., TERELAK H., WITEK T. 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG Puławy, P(53): 20 ss.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN Warszawa: 398 ss.
- KABATA-PENDIAS A. 2000. Biogeochemia kadmu. Kadm w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne. *Zesz. Nauk. Komitetu Człowiek i Środowisko PAN*, **26**: 17–24.
- LIPIŃSKA J., OPRZĄDEK K. 1999. Pierwiastki śladowe w glebach ogrodów działkowych Siedlec. *Zesz. Nauk WSR-P w Siedlcach, Rolnictwo*, **56**: 89–97.
- LIPIŃSKA J. 2000. Wpływ wybranych właściwości gleby na zawartość metali ciężkich w warzywach. *Zesz. Nauk AP w Siedlcach, Rolnictwo*, **57**: 151–157.
- MOCEK A., OW CZARZAK W., TYKSIŃSKI W., KACZMAREK Z. 1995. Metale ciężkie w glebach ogrodów działkowych w Polkowicach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **418**: 299–304.
- ROSADA J., NIJAK K. 2001. Zawartość metali ciężkich w warzywach uprawianych poza strefą ochronną Huty Miedzi Głogów. *Progress in Plant Protection*, **41**, 2: 570–573.
- TERELAK H., TUJAKA A. 2003. Występowanie pierwiastków śladowych w glebach użytków rolnych województwa podkarpackiego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **493**: 254–252.
- TYKSIŃSKI W., MOCEK A., OW CZARZAK W., ROSZYK J. 1995. Metale ciężkie w warzywach i owocach z ogródków działkowych w Polkowicach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **418**: 305–312.
- WIOŚ Rzeszów 2009. Stan środowiska w województwie podkarpackim w latach 1999–2008.
- WŁAŚNIEWSKI S. 1998. Zawartość metali ciężkich w marchwi uprawianej w wiejskich działkach przyzagrodowych w województwie rzeszowskim. Pierwiastki śladowe w glebach ogrodów działkowych Rzeszowa. *Rocz. AR Poznań CCCIV, Ogród.* **27**: 345–351.
- WŁAŚNIEWSKI S. 2003. Pierwiastki śladowe w glebach ogrodów działkowych Rzeszowa. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* **493**, 1: 279–287.

Dr inż. Stanisław Właśniewski  
Katedra Gleboznawstwa, Chemii Środowiska i Hydrologii  
Uniwersytet Rzeszowski  
35-601 Rzeszów  
ul. M. Œwiklińskiej 2  
e-mail: [swlasnie@univ.rzeszow.pl](mailto:swlasnie@univ.rzeszow.pl)