

Artur Szwalec*, Paweł Mundała*

**ZAWARTOŚĆ Cd, Pb, Zn i Cu W WARZYWACH KORZENIOWYCH
UPRAWIANYCH W WYBRANYCH OGRODACH DZIAŁKOWYCH
KRAKOWA**

**CONTENTS OF Cd, Pb, Zn AND Cu IN ROOT VEGETABLES
CULTIVATED IN KRAKOW CITY ALLOTMENT GARDENS**

Słowa kluczowe: ogródki działkowe, metale ciężkie, warzywa.

Key words: allotment gardens, heavy metals, vegetables.

Streszczenie

W pracy dokonano oceny zawartości takich pierwiastków, jak Cd, Pb, Zn i Cu w korzeniach spichrzowych marchwi, pietruszki i selerów, uprawianych w wybranych ogrodach działkowych Krakowa. Oznaczone zawartości Cd w trzech z dwunastu pobranych prób warzyw przekraczały wartości dopuszczalne podane w rozporządzeniu Komisji Unii Europejskiej Nr 420/2011 [2011]. Wszystkie próby charakteryzowała dopuszczalna zawartość Pb. Zawartości Zn i Cu utrzymywały się natomiast w zakresach fizjologicznych dla roślin. Spośród wszystkich badanych pierwiastków tylko zawartość Zn w glebie jednego z ogrodów przekroczyła stężenie dopuszczalne podawane w rozporządzeniu Ministra Środowiska [2002].

Summary

Contents of Cd, Pb, Zn & Cu were determined in root vegetables (carrot, parsley, celery and beet) cultivated Krakow allotment gardens. Three of twelve cadmium contents exceeded European Union Commission Regulation (RKUE) Nr 420/2011 [2011]. According to lead all samples fulfilled RKUE. Zinc and copper were at plant physiological levels. Only one soil sample exceeded Regulation of Polish Ministry of Environment (RMS) [2002].

* *Dr inż. Artur Szwalec, dr inż. Paweł Mundała – Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza – Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Al. A. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków; tel.: 12 607 76 20 35; e-mail: rmszwale@cyf-kr.edu.pl, rmmunda@cyf-kr.edu.pl*

1. WPROWADZENIE

Na zanieczyszczenie środowiska są szczególnie narażone tereny silnie uprzemysłowione i duże ośrodki miejskie. Uprawiane w tych rejonach rośliny mogą nagromadzić w swoich tkankach duże ilości pierwiastków śladowych, w tym metali ciężkich – Cd, Pb, Zn i Cu. Największe możliwości gromadzenia tych pierwiastków wykazują warzywa, gromadząc je przez system korzeniowy z gleby, a także w wyniku ich opadania na powierzchnię roślin.

Przechodzenie każdego z wymienionych wyżej pierwiastków śladowych do wyższego ogniwa łańcucha pokarmowego powoduje ich koncentrację, a wskutek tego stałe nagromadzanie, aż do ostatniego ogniwa łańcucha pokarmowego, którym jest człowiek [Gorlach, Gambuś 2000].

Skutki zdrowotne regularnego spożywania, nawet wraz z zanieczyszczonymi roślinami uprawnymi, śladowych ilości metali ciężkich mogą ujawniać się po wielu latach [Sady 2001]. Bardzo ważne wydaje się zatem być określenie stanu zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego metalami ciężkimi, a w szczególności oznaczenie zawartości tych pierwiastków w roślinach konsumpcyjnych uprawianych w rejonach podlegających obecnie lub w przeszłości intensywnej antropopresji.

Celem niniejszego opracowania była ocena zawartości kadmu, ołowiu, cynku i miedzi w warzywach korzeniowych uprawianych w wybranych ogrodach działkowych Krakowa.

2. METODYKA BADAŃ

Badania terenowe przeprowadzono jesienią w 2009 roku, na terenie ogrodów działkowych znajdujących się w Krakowie. Wybrano trzy obiekty badawcze zlokalizowane w różnych rejonach miasta. Były to: ogrody działkowe przy ul. Ptaszyckiego (wschodnia część miasta), Pracowniczy Ogród Działkowy „Zakole Wisły” przy ul. Nowohuckiej (południowa część miasta) oraz ogród działkowy przy ul. Armii Krajowej (zachodnia część miasta).

W każdym z ogrodów działkowych z losowo wybranych działek i grządek pobierano po pięć prób pierwotnych roślin i gleb, które po zhomogenizowaniu stanowiły w odniesieniu do warzyw uśrednioną próbę o masie około 1000 g ś.m., a w odniesieniu do gleb uśrednioną próbę o masie ok. 500 g ś.m. Wszystkie rośliny zbierano w stadium dojrzałości konsumpcyjnej, tj. we wrześniu.

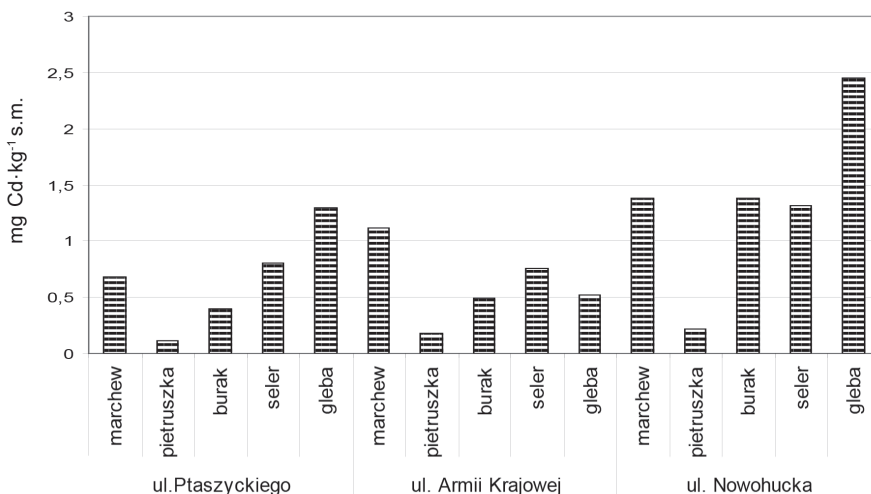
Do analizy pobierano najczęściej uprawiane warzywa korzeniowe, tj. marchew, pietruszkę, seler i buraka ćwikłowego. Pobrane rośliny dokładnie myto w strumieniu bieżącej wody, a następnie krojono w plastry. Po wysuszeniu do powietrznie suchej masy warzywa zmielono w młynku wysokoobrotowym, a próby gleb rozdrobniono w moździerzu i przesiano przez sito o średnicy oczek 1 mm. Do analizy pobrano 10 g powietrznie suchego i jednorodnego materiału roślinnego oraz 3 g jednorodnego materiału glebowego. Próby naważano z dokładnością do 0,0001g. W tak przygotowanym materiale przeprowadzono mineralizację suchą

(w temperaturze 460°C, w piecu muflowym, z roztworzeniem HNO₃ i ekstrakcją HCl) w odniesieniu do roślin oraz mineralizację na mokro (mieszanina stężonych kwasów HNO₃ i HClO₄) w odniesieniu do gleb [Ostrowska i in. 1991]. Kadm, ołów, cynk i miedź oznaczono metodą płomieniową atomowej spektrometrii absorpcyjnej, na aparacie Solaar M6 firmy Unicam.

3. WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Ogrody działkowe zakładane w obrębie dużych miast są wykorzystywane nie tylko do rekreacji, ale również dostarczają warzyw i owoców działkowiczom i ich rodzinom. Brak wolnych terenów przydatnych rolniczo spowodował, że zagospodarowywane w ten sposób były tereny przyfabryczne, nieużytki przy szlakach komunikacyjnych o dużym ruchu, a nawet obszary położone w strefach ochronnych. Ogrody działkowe w miarę rozwoju zabudowy miast znalazły się w ich centrach i w zasięgu oddziaływań źródeł emisji przemysłowych, komunalnych i komunikacyjnych, powodujących nieraz duże zanieczyszczenie gleb i roślin metalami ciężkimi [Gontarz, Dmowski 2004, Bielińska 2006, Szwałec i in. 2006].

W badanych warzywach stwierdzono występowanie kadmu w stężeniu 0,11–1,38 mg·kg⁻¹ s.m. Najwyższe stężenie tego pierwiastka oznaczono w korzeniach spichrzowych marchwi i buraków ćwikłowych rosnących w ogrodach działkowych usytuowanych przy ul. Nowohuckiej, nieco niższe – 1,32 mg·kg⁻¹ s.m. – charakteryzowało korzenie selerów rosnących w tym ogrodzie. Najniższe stężenia kadmu stwierdzono w korzeniach spichrzowych pietruszki zebranej w ogrodzie zlokalizowanym przy ul. Ptaszyckiego (rys. 1).



Rys. 1. Zawartość kadmu (mg·kg⁻¹s.m.) w warzywach uprawianych w wybranych ogrodach działkowych Krakowa

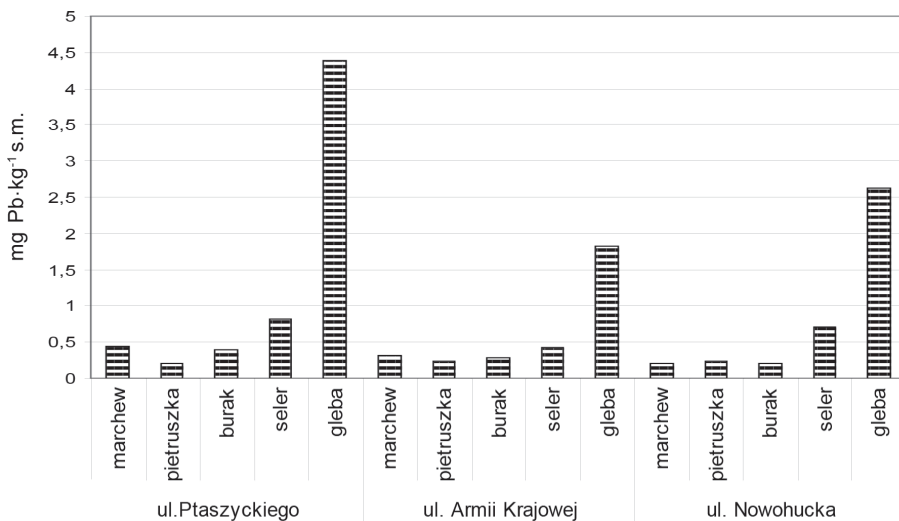
Fig. 1. Cadmium content (mg·kg⁻¹d.m.) in vegetables cultivated in Krakow allotment gardens

Zróźnicowanie zawartości kadmu pomiędzy poszczególnymi warzywami spowodowane jest w znacznej mierze ich zdolnością akumulacyjną, potwierdzają to między innymi badania przeprowadzone na terenie ogrodów działkowych Wrocławia [Gontarz, Dmowski 2004], oraz Skawiny i Jasła [Szwałec i in. 2006]. Wymienieni autorzy stwierdzili, że najwyższe stężenie kadmu wśród przebadanych przez nich warzyw występowało w korzeniu spichrzowym selera. Ogrody działkowe i przydomowe są często lokalizowane na glebach silnie zdegradowanych (w tym zanieczyszczonych). Czasem samo umiejscowienie w centrum miasta lub w pobliżu ruchliwej trasy komunikacyjnej sprzyja zanieczyszczeniu gleb metalami ciężkimi. Znajduje to potwierdzenie również w odniesieniu do zawartości kadmu w badanych glebach. Stężenie tego pierwiastka mieściło się w zakresie od $0,52 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pow.s.m. do $2,45 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pow.s.m. (rys. 1). Obliczone wskaźniki fitokumulacji (WF) określają zdolność pobierania przez roślinę metali z gleby [Łaszewska i in. 2007]. Intensywny stopień kumulacji kadmu charakteryzował następujące warzywa uprawiane w ogrodzie przy ul. Armii Krajowej: burak (WF=2,65), marchew (WF=2,15) oraz seler (WF=1,46). Wysoki wskaźnik fitokumulacji (WF=1,02), stwierdzono również w selerze z ogrodu przy ulicy Ptaszyckiego.

Najwyższe stężenie ołowiu w badanych roślinach, wynoszące $0,81 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pow.s.m., oznaczono w selerze zebranym z ogrodów działkowych położonych przy ul. Ptaszyckiego. Bardzo niskie stężenia tego metalu, poniżej $0,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pow.s.m. (granica oznaczalności aparatu), występowały w próbach buraków ćwikłowych oraz w korzeniach spichrzowych marchwi uprawianej w ogrodach usytuowanych przy ul. Nowohuckiej, a także pietruszce rosnącej w ogrodach działkowych przy ul. Ptaszyckiego (rys. 2). Oznaczone stężenie omawianego pierwiastka w glebach z ogrodów objętych badaniami kształtowało się w granicach od $36,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pow.s.m. do $87,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pow.s.m. Najmniejsza zawartość ołowiu charakteryzowała glebę pobraną z ogrodów działkowych zlokalizowanych przy ul. Armii Krajowej. Najwyższe stężenie tego metalu wystąpiło natomiast w próbce gleby pobranej na terenie ogrodów działkowych położonych przy ul. Ptaszyckiego. Badane warzywa charakteryzował niski (WF -0,04 – 0,09) i średni (WF-0,12–0,26) stopień fitokumulacji ołowiu.

Zawartość cynku w analizowanych warzywach waha się od 24,6 do $104,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Największą zawartość cynku, znacznie odbiegającą od zawartości oznaczonych w pozostałych warzywach, stwierdzono w buraku ćwikłowym zebranym na terenie ogrodów działkowych przy ul. Armii Krajowej. Najmniejszą zawartość omawianego metalu stwierdzono natomiast w marchwi uprawianej w ogrodach przy ul. Nowohuckiej (rys. 3).

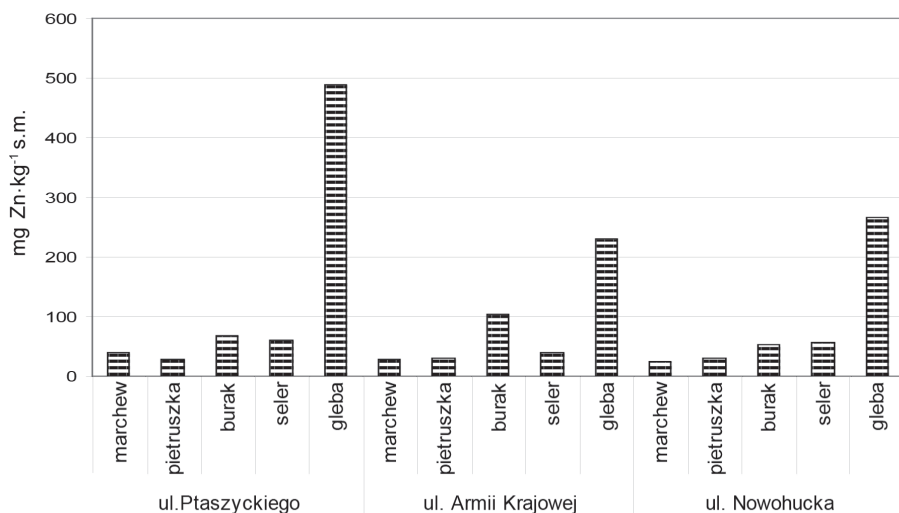
Występujące w badanych glebach stężenie cynku było zróźnicowane i wahało się od $231 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pow.s.m. do $489 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pow.s.m. Najmniejszą zawartość tego pierwiastka oznaczono w próbce pochodzącej z ogrodów działkowych zlokalizowanych przy ul. Armii Krajowej, a nieco większa zawartość Zn ($266 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pow. s.m.) charakteryzowała glebę z ogrodów działkowych położonych przy ul. Nowohuckiej. Największą zawartość omawianego metalu oznaczono w próbce pobranej z ogrodów działkowych



(W celu lepszego zobrazowania graficznego zawartości Pb w glebie zmniejszono 20-krotnie)

Rys. 2. Zawartość ołowiu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w warzywach uprawianych w wybranych ogrodach działkowych Krakowa

Fig. 2. Lead content ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.) in vegetables cultivated in Krakow allotment gardens

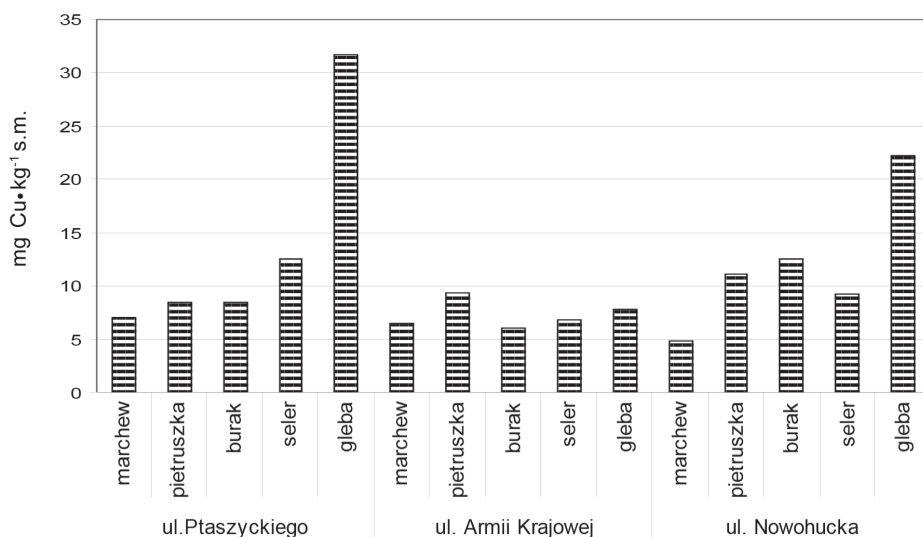


Rys. 3. Zawartość cynku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w warzywach uprawianych w wybranych ogrodach działkowych Krakowa

Fig. 3. Zinc content ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.) in vegetables cultivated in Krakow allotment gardens

leżących przy ul. Ptaszyckiego (rys. 3). Wartość współczynnika fitokumulacji WF dla omawianego metalu, podobnie jak dla ołowiu, kształtowała się w granicach od 0,06 do 0,09 oraz od 0,12 do 0,45.

Stężenie miedzi w przebadanych warzywach mieściło się w zakresie od 4,8 do 12,5 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Największą zawartość tego pierwiastka charakteryzowała korzenie spichrzowe selerów zebranych w ogrodzie zlokalizowanym przy ul. Ptaszyckiego oraz korzenie buraków pochodzących z ogrodu położonego przy ul. Nowohuckiej. W tym samym ogrodzie w marchwi oznaczono również najniższe stężenie omawianego pierwiastka (rys. 4).



Rys. 4. Zawartość miedzi ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w warzywach uprawianych w wybranych ogrodach działkowych Krakowa

Fig. 4. Copper content ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.) in vegetables cultivated in Krakow allotment gardens

Miedź w badanym materiale glebowym występowała podobnie jak cynk w szerokim zakresie stężeń. Najmniejszą zawartość tego pierwiastka, wynoszącą $7,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pow.s.m., stwierdzono w próbie pobranej na terenie ogrodów działkowych z ul. Armii Krajowej. Najwyższe stężenie miedzi – $33,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pow.s.m. – oznaczono natomiast w glebie ogrodów działkowych położonych przy ul. Nowohuckiej (rys. 4). Współczynniki fitokumulacji miedzi WF w badanych warzywach osiągały wartości średnie (od 0,22 do 0,87), z wyjątkiem pietruszki rosnącej w ogrodzie przy ul. Armii Krajowej, której współczynnik ten wynosił 1,21.

W rozporządzeniu Komisji UE [2011] oraz uchylonym rozporządzeniu Ministra Zdrowia [2003] podano dopuszczalne zawartości niektórych zanieczyszczeń w środkach spożyw-

czych i żywności. Porównując uzyskane wyniki badań z wartościami dopuszczalnymi dla kadmu zamieszczonymi w przywołanych rozporządzeniach można stwierdzić, że najmniej korzystnie pod tym względem wypadają korzenie spichrzowe marchwi i buraków ćwikłowych zebrane w ogrodach działkowych zlokalizowanych przy ul. Nowohuckiej. W warzywach tych stężenie kadmu przekracza nawet „bardziej liberalną” wartość dopuszczalną, podawaną w rozporządzeniu Komisji UE [2011], wynoszącą 0,1 mg·kg⁻¹ świeżej masy (tab. 1). Przekroczenie tej dopuszczalnej zawartości wystąpiło również w korzeniach spichrzowych marchwi rosnącej w ogrodach działkowych leżących przy ul. Armii Krajowej. Tak duże zawartości omawianego pierwiastka całkowicie dyskwalifikują konsumpcyjne wykorzystywanie tych warzyw. Należy jednak mieć świadomość, że uprawiane w wymienionych ogrodach działkowych warzywa są przez ludzi spożywane.

Tabela 1. Oznaczone i dopuszczalne zawartości Cd i Pb w mg·kg⁻¹ świeżej masy w badanych warzywach

Table 1. Estimated and accepted concentrations of Cd and Pb in mg·kg⁻¹ fresh matter in selected vegetables

Lokalizacja	Gatunek warzywa	Cd	RMŚ	RKUE	Pb	RMŚ	RKUE
Ul. Ptaszyckiego	marchew	0,08	0,08	0,1	0,05	0,1	0,1
	pietruska	0,017			0,03		
	burak ćwikłowy	0,048			0,04		
	seler	0,09			0,09		
Ul. Armii Krajowej	marchew	0,14	0,08	0,1	0,04	0,1	0,1
	pietruska	0,02			0,03		
	burak ćwikłowy	0,05			0,03		
	seler	0,09			0,05		
Ul. Nowohucka	marchew	0,17	0,08	0,1	0,02	0,1	0,1
	pietruska	0,035			0,03		
	burak ćwikłowy	0,16			0,02		
	seler	0,15			0,08		

Wartości dopuszczalne: Rozporządzenie Ministra Środowiska – RMŚ [2003], Rozporządzenie Komisji UE – RKUE [2011].

Aby dać prawidłową odpowiedź na pytanie, czy człowiek spożywający takie warzywa jak wymienione w tabeli 1 jest narażony na toksyczne oddziaływanie analizowanych pierwiastków śladowych, należałoby znać jego całkowitą codzienną dietę. Na początku 2009 r. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) zaproponował jako wartość tolerowanego tygodniowego pobrania kadmu (TWI) wartość równą 2,5 µg Cd·kg⁻¹ masy ciała człowieka. Zawartość tego pierwiastka zaledwie w 1kg ś.m. warzyw z analizowanych ogrodów działkowych (tab.1, marchew ul. Nowohucka), może przekraczać TWI (0,175 mg), dla konsumenta o masie ciała wynoszącej 70 kg. Z drugiej strony można dodać, że wartość 2,5 µg Cd·kg⁻¹ masy ciała jest bardzo niska, np. w zesta-

wieniu z $7 \mu\text{g Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$ masy ciała tymczasowego tygodniowego tolerowanego pobrania (PTWI), zaproponowanego przez Połączony Komitet FAO/WHO ds. substancji dodatkowych [Grembecka, Szefer 2011].

Znacznie lepiej wygląda sytuacja dotycząca zawartości ołowiu w badanych warzywach. Stężenie tego metalu we wszystkich próbach nie przekraczało wartości dopuszczalnych zamieszczonych w tabeli 1. Jak podaje Wojciechowska i in. [2010] w ostatnich latach zmniejszyło się zauważalnie zanieczyszczenie środowiska, a tym samym i zanieczyszczenie żywności ołowiem i właściwie kadm stał się pierwiastkiem stwarzającym obecnie najistotniejsze zagrożenie dla zdrowia ludzi. W cytowanych rozporządzeniach Komisji Unii Europejskiej [2011] oraz Ministra Środowiska [2002] brak jest wartości dopuszczalnych dotyczących zawartości cynku i miedzi. Pierwiastki te należące do grupy mikroelementów można oceniać w aspekcie ich zawartości fizjologicznych w roślinach. W badanych warzywach oznaczone zawartości cynku kształtowały się w granicach $24,6 - 68,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. (rys. 3), i mieściły się w zakresie zawartości fizjologicznych dla roślin, wynoszących $60-80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., podawanych przez Ruszkowską i in. [1996]. Podobna relacja wystąpiła w odniesieniu do zawartości miedzi, której stężenia wynoszące $4,8-12,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. (rys. 4), nie przekraczały zawartości fizjologicznych występujących w roślinach ($3-15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.), podawanych przez Gorlacha i Gambusia [2001].

Podstawowym źródłem pierwiastków śladowych dla organizmów są zewnętrzne warstwy Ziemi, skąd pierwiastki te są pobierane przez większość roślin – niektóre z nich wykazują specyficzną zdolność do bioakumulacji metali powyżej ich zapotrzebowania fizjologicznego. Na obszarach narażonych na działanie zanieczyszczeń metale ciężkie mogą również dostawać się do roślin wraz z pyłami i opadami atmosferycznymi, które obok gleby stanowią drugi czynnik warunkujący zawartość tych pierwiastków w roślinach uprawnych [Oleszek, Maliszewska-Kordybach 2010]. Szczegółowe uregulowania dotyczące zawartości metali ciężkich w glebach wykorzystywanych rolniczo, zostały podane w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [2002]. Porównując uzyskane wyniki badań z wartościami dopuszczalnymi podawanymi w przywołanym rozporządzeniu należy stwierdzić, że spośród zawartości wszystkich badanych pierwiastków jedynie zawartość cynku – $489 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. (rys. 4) – w glebie ogrodów działkowych położonych przy ul. Ptaszyckiego przekracza stężenie dopuszczalne. Gleby w ogrodach działkowych objętych badaniami charakteryzował odczyn kwaśny (pH w KCl: $5,3-5,7$), co niewątpliwie miało wpływ na większą migrację analizowanych pierwiastków do uprawianych roślin. Niestety ogrody działkowe znajdujące się w wielu miastach Polski pomimo podwyższonych zawartości metali ciężkich zarówno w glebach, jak i roślinach tam uprawianych, stanowią od wielu lat miejsce produkcji żywności – warzyw i owoców [Gontarz, Dmowski 2005, Szwałec i in. 2006 Bielińska 2006, Gałka 2011].

4. WNIOSKI

1. Stężenia kadmu (Cd) w korzeniach spichrzowych marchwi i buraków ćwikłowych zebranych w ogrodach działkowych zlokalizowanych przy ul. Nowohuckiej oraz korzeniach spichrzowych marchwi zebranej w ogrodach działkowych leżących przy ul. Armii Krajowej przekraczają zawartość dopuszczalną podawaną w rozporządzeniu 420/2011 Komisji UE z 2011 roku.
2. Stężenia ołowiu (Pb) w badanych warzywach nie przekraczają zawartości dopuszczalnej podawanej w rozporządzeniu 420/2011 Komisji UE z 2011 roku.
3. Zawartości Zn i Cu w badanych warzywach mieszczą się w zakresie stężeń uznawanych za fizjologiczne dla roślin.
4. Wysoki współczynnik fitokumulacji kadmu cechuje wszystkie (poza pietruszką) warzywa uprawiane w ogrodzie przy ul. Armii Krajowej oraz seler z ogrodu przy ul. Ptaszyckiego. Wysoki współczynnik fitokumulacji miedzi występuje w pietruszce z ogrodu przy ul. Armii Krajowej. Współczynniki fitokumulacji ołowiu i cynku mają mniejsze wartości (stopnie średni i słaby).
5. Ze wszystkich badanych pierwiastków jedynie zawartość cynku w glebie z ogrodów działkowych położonych przy ul. Ptaszyckiego przekracza stężenie dopuszczalne podane w rozporządzeniu Ministra Środowiska (Dz. U. 2002. Nr 165, poz. 1359).

PIŚMIENNICTWO

- BIELIŃSKA E.J. 2006. Charakterystyka ekologiczna gleb ogrodów działkowych z terenów zurbanizowanych. *Journal of Res. and Applic. in Agri. Eng.* Vol. 51(2): 13–16.
- CIEPAŁ R. 1992. Przenikanie S, Pb, Cd, Zn, Cu, i Fe do biomasy oraz gleby ekosystemu leśnego na przykładzie wschodniej części woj. katowickiego. Znaczenie bioindykacyjne. *Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach* 1319.
- GAŁKA B. 2011. Wybrane pierwiastki szkodliwe w glebach i marchwi na terenie rodzinnych ogrodów działkowych „Zabobrze” w Jeleniej Górze. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* nr 49: 300–308.
- GREMBECKA M., SZEFER P. 2011. Ocena zanieczyszczenia kadmem wybranych warzyw i nasion roślin strączkowych. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLIV, 4: 1061–1064.
- GORLACH E., GAMBUŚ F. 2000. Potencjalnie toksyczne pierwiastki śladowe w glebach (nadmiar, szkodliwość i przeciwdziałanie). *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 472: 275–296.
- GONTARZ B., DMOWSKI Z. 2004. Ocena zawartości niektórych mikroelementów w warzywach z wybranych ogródków działkowych Wrocławia. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 502: 761–767.
- LIPIŃSKA J. 2000. Wpływ wybranych właściwości gleby na zawartość metali ciężkich w warzywach. *Zesz. Nauk. Akad. Podlas. Siedlce, seria: Rolnictwo*: 151–157.

- ŁASZEWSKA A., KOWOL J., WIECHUŁA D., KWAPULIŃSKI J. 2007. Kumulacja metali w wybranych gatunkach roślin leczniczych z terenu Beskidu Śląskiego i Beskidu Żywieckiego. *Problemy Ekologii*, vol. 11, nr 6: 285–291.
- OLESZEK W., MALISZEWSKA-KORDYBACH B. 2010. Bezpieczeństwo i jakość pasz i żywności pochodzenia roślinnego – I Kongres Nauk Rolniczych pt., „Nauka – Praktyce” Puławy: 193–205.
- OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZUBIAŁKA Z. 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Wydawnictwo IOŚ, Warszawa.
- Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz. U. Nr 165, poz. 1359).**
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 roku w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych (Dz.U. Nr 37, poz. 325).**
- Rozporządzenie Komisji UE NR 420/2011 z dnia 29 kwietnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych.**
- RUSZKOWSKA M., WOJCIESKA-WYSKUPAJTYS U. 1996. Mikroelementy – fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiarów. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rolniczych* 434: 1–11.
- SADY W. 2001. Czynniki ograniczające zawartość azotanów i metali ciężkich w warzywach. *Przem. Ferment. Owoc. i Warzyw* 5: 21–23.
- SZWAŁEC A., MUNDAŁA P., TELK M., MACHAŃSKI P. 2006. Ocena zawartości Cd, Pb, Zn, Cr w wybranych warzywach korzeniowych uprawianych w ogrodach działkowych Skawiny i Jasła. *Zesz. Nauk. AR – Inż. Środ.* Nr 26: 405–416.
- WOJCIECHOWSKA-MAZUREK M., MANIA M., STARSKA K., OPOKA M. 2010. Kadm w środkach spożywczych celowość obniżenia limitów. *Przemysł spożywczy – żywność, żywienie, bezpieczeństwo zdrowotne*. Tom 64: 45–48.