

Bernard Gałka*

**WYBRANE PIERWIASTKI SZKODLIWE W GLEBACH I MARCHWI NA
TERENIE RODZINNYCH OGRODÓW DZIAŁKOWYCH „ZABOBRZE”
W JELENIEJ GÓRZE**

**SELECTED HARMFUL ELEMENTS IN SOILS AND CARROTS IN
FAMILY ALLOTMENT GARDENS „ZABOBRZE” IN JELENIA GÓRA**

Słowa kluczowe: metale ciężkie, ogródki działkowe, właściwości gleb.

Key words: heavy metals, allotment gardens, soil properties.

The study was carried out in the family allotment gardens „Zabobrze” in Jelenia Gora, situated in the close neighborhood of national road No 3 (E-65), at John Paul II street, and close to the railway line Jelenia Góra - Lwówek Śląski. In their close proximity, there is also a coal-fired co-generation plant, supplied with desulphurization system.

Seven allotment gardens were selected for analysis, from which soil material was sampled from the depth of 5–15 and 30–40 cm, and the roots of carrots were collected as an example of plant material produced in those gardens. It was found that soils had a natural content of lead, zinc and copper. The concentrations of all three metals were higher in the layer 5–15 cm than those in 30–40 cm. In all of soil samples examined, metal concentrations remained below the limits for cultivation of vegetables established by IUNG, and below the values of soil quality standards, according to Ministerial Decree.

Carrot roots contained natural concentrations of lead, zinc and copper, which did not exceed the maximum permissible values according to the guidelines by IUNG, and fulfilled the conditions given for Pb in the Regulations by European Community Commission [Rozporządzenie... 2006]. Metal concentrations in carrot roots did not correlate with the concentrations of those metals in 5–5 cm soil layer.

* *Dr inż. Bernard Gałka – Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska; Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu; ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław, tel.: 71 320 56 27; e-mail: bernard.galka@up.wroc.pl*

1. WPROWADZENIE

Ogródki działkowe są elementem zieleni miejskiej i z ekologicznego punktu widzenia stanowią obszary biologicznie czynne, niezależnie od tego, jak są użytkowane, urządzone i kto nimi administruje. Uczestniczą w procesach łagodzących negatywne zmiany w środowisku człowieka spowodowane urbanizacją. W aglomeracjach miejsko-przemysłowych coraz większym problemem staje się stan środowiska ogródków działkowych. Wyniki licznych badań wskazują, że pyły i aerozole emitowane przez lokalne zakłady przemysłowe, kotłownie, transport samochodowy, mogą doprowadzić do nadmiernego nagromadzenia pierwiastków metalicznych w glebach ogrodowych [Gambuś i Wieczorek 1995, Właśniewski 2004, Szerszeń i in. 1996, Kawałko i Bylicka 2004, Kabała i in. 2009]. Przy drogach i ulicach wylotowych bardzo często są zlokalizowane ogródki działkowe. Największą akumulację metali ciężkich obserwuje się w powierzchniowych poziomach gleb w najbliższym sąsiedztwie drogi. Ogrody działkowe powinny być więc sytuowane w rejonach nieobjętych bezpośrednio emisjami przemysłowymi i z dala od głównych szlaków komunikacyjnych [Chodak i Kawałko 1996].

W warzywach z ogródków działkowych zlokalizowanych na terenie dużych miast lub w okręgach przemysłowych powinno określać się ilość metali ciężkich. W licznych pracach wykazano bowiem akumulację niektórych metali (Zn, Pb, Cu, Cd) w powierzchniowej warstwie gleby oraz wzrost ilości ołowiu, kadmu i innych metali w różnych warzywach [Sommer-Urbańska i in. 1992, Jasiewicz 1994, Chodak i in. 1995, Gontarz i Dmowski 2004, Jagiełło i in. 2004, Rogóż 2003].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wybranych właściwości fizykochemicznych gleb ze szczególnym uwzględnieniem zawartości w nich wybranych metali ciężkich, a także zawartości tych metali w korzeniach marchwi – jako przykładowej roślinie uprawianej na terenie rodzinnych ogródków działkowych „Zabobrze” w Jeleniej Górze.

2. MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były rodzinne ogródki działkowe „Zabobrze” w Jeleniej Górze. Powierzchnia ogródków działkowych wynosi ogółem 5,1 ha, a liczba działek 146. Ogródki te są położone w północno-zachodniej części Jeleniej Góry w sąsiedztwie drogi krajowej nr 3 (E-65), przy ulicy Jana Pawła II oraz w pobliżu linii kolejowej Jelenia Góra - Lwówek Śląski. Bliskie sąsiedztwo stanowi także elektrociepłownia zarządzana przez Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej, opalana miałem węgla kamiennego i posiadająca instalację odsiarczającą.

Materiał glebowy został pobrany w 7 ogródkach działkowych, z dwóch głębokości: 5–15 cm oraz 30–40 cm. Każda próba stanowiła średnią z 3 punktów oddalonych od siebie o około 3–4 metrów. Korzenie marchwi pobrano w okresie jesiennym, z tych samych ogródków działkowych co próbki glebowe.

Materiał pobrano w roku 2008. W próbkach glebowych oznaczono skład granulometryczny metodą dyspersji laserowej, przy użyciu aparatu Mastersizer 2000 Hydro 2000 G” firmy Malvern, węgiel organiczny (C_{org}) metodą Tiurina i zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla, po czym obliczono stosunek C:N.

Oznaczono także podstawowe właściwości fizykochemiczne gleb:

- 1) odczyn w 1M KCl metodą potencjometryczną,
- 2) kwasowość hydrolityczną metodą Kappena,
- 3) zasadowe kationy wymienne (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) metodą Pullmana.

Obliczono całkowitą pojemność sorpcyjną gleb T oraz stopień wysycenia kationami zasadowymi V.

Zasobność gleb w makroelementy przyswajalne dla roślin określono dla magnezu metodą Schachtschabela, a dla fosforu i potasu – metodą Egnera-Riehma.

Zawartość pierwiastków potencjalnie szkodliwych, tj. Pb, Zn i Cu, oznaczono – po mineralizacji w wodzie królewskiej – metodą AAS.

W materiale roślinnym określono wilgotność i oznaczono metodą AAS zawartość całkowitą Pb, Zn i Cu, po suchej mineralizacji próbek i roztworzeniu popiołu w kwasach azotowym i solnym. Wyniki przedstawiono w odniesieniu do suchej i świeżej masy materiału.

3. WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Gleby analizowanych ogródków działkowych wykazują mało zróżnicowany skład granulometryczny. Są to gliny piaszczyste oraz pyły gliniaste (tab. 1), zaliczane według kategorii ciężkości agrotechnicznej do gleb średnich.

Zawartość węgla organicznego (C_{org}) w warstwie 5–15 cm analizowanych próbek glebowych była dość wysoka, co jest cechą typową dla gleb ogródków działkowych, i wahała się w przedziale od 2,16% do 3,72%. Obliczona zawartość próchnicy w warstwie 5–15 cm gleb wynosiła od 3,72% do 6,42% (tab. 2). W warstwie 30–40 cm analizowanych próbek zawartość węgla organicznego była mniejsza, choć w kilku próbkach – znaczna, i wynosiła od 0,5% do 2,77%. Procentowa zawartość próchnicy wynosiła od 0,87% do 4,78% (tab. 2).

Zawartość azotu ogólnego w próbkach z głębokości 5–15 cm wynosiła od 0,14% do 0,38%, a w próbkach z głębokości 30–40 cm od 0,14% do 0,24% (tab. 2). Stosunek C:N w warstwie 5–15 cm badanych gleb kształtował się od 8,5 do 22,1, to jest w zakresie korzystnym ze względu na wzrost roślin.

Odczyn gleb był w większości próbek obojętny, a w kilku wypadkach – lekko kwaśny. Wartości pH w warstwie 5–15 cm kształtowały się w zakresie od 6,1 do 7,2, w warstwie 30–40 cm natomiast były mniejsze i mieściły się w przedziale od 5,0 do 6,4. Wartości kwasowości hydrolitycznej gleb wykazywały związek z odczynem i zawierały się w zakresie od 0,37 do 1,65 cmol(+)/kg gleby w warstwie 5–15 cm oraz od 1,05 do 3,45 cmol(+)/kg gleby w warstwie 30–40 cm (tab. 1).

Tabela 1. Wybrane właściwości fizykochemiczne badanych gleb**Table 1.** Selected physicochemical properties of soils

| Numer działki | Głębokość, cm | pH 1M KCl | Hh* | Wymienne kationy zasadowe | | | | | T* | V* | Grupa granulometryczna, PTG 2008 |
|---------------|---------------|-----------|------|---------------------------|------------------|----------------|-----------------|------|------|------|----------------------------------|
| | | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | S* | | | |
| | | | | cmol (+)/kg | | | | | | | |
| I | 5–15 | 6,1 | 1,65 | 13,6 | 2,02 | 0,25 | 0,30 | 16,1 | 17,8 | 90,7 | gp |
| | 30–40 | 5,0 | 3,45 | 10,0 | 1,15 | 0,17 | 0,26 | 11,5 | 15,0 | 77,0 | pyg |
| II | 5–15 | 7,2 | 0,37 | 22,4 | 1,25 | 0,32 | 0,44 | 24,4 | 24,7 | 98,5 | gp |
| | 30–40 | 6,1 | 1,57 | 16,0 | 1,09 | 0,22 | 0,33 | 17,6 | 19,2 | 91,8 | pyg |
| III | 5–15 | 7,0 | 0,52 | 24,0 | 1,30 | 0,28 | 0,46 | 26,0 | 26,5 | 98,0 | pyg |
| | 30–40 | 6,4 | 1,05 | 13,6 | 1,00 | 0,25 | 0,29 | 15,1 | 16,1 | 93,5 | gp |
| IV | 5–15 | 6,6 | 0,9 | 18,0 | 1,63 | 0,15 | 0,34 | 19,7 | 20,6 | 95,6 | gp |
| | 30–40 | 6,0 | 2,02 | 12,0 | 1,08 | 0,16 | 0,26 | 13,5 | 15,5 | 86,9 | gp |
| V | 5–15 | 6,3 | 1,5 | 16,0 | 2,15 | 0,21 | 0,33 | 18,6 | 20,1 | 92,5 | gp |
| | 30–40 | 5,5 | 2,17 | 10,0 | 1,51 | 0,15 | 0,22 | 11,8 | 14,0 | 84,5 | gp |
| VI | 5–15 | 7,0 | 0,6 | 22,0 | 1,14 | 0,39 | 0,40 | 23,9 | 24,5 | 97,5 | gp |
| | 30–40 | 6,1 | 1,8 | 12,0 | 1,01 | 0,27 | 0,30 | 13,5 | 15,3 | 88,2 | gp |
| VII | 5–15 | 6,9 | 0,6 | 20,8 | 1,30 | 0,18 | 0,43 | 22,7 | 23,3 | 97,4 | gp |
| | 30–40 | 5,4 | 1,5 | 8,0 | 0,70 | 0,11 | 0,30 | 9,11 | 10,6 | 85,8 | gp |

Objaśnienia: Hh – kwasowość hydrolityczna, S – suma wymiennych kationów zasadowych, T – całkowita pojemność sorpcyjna, V – stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi.

Udział kationów zasadowych w kompleksie sorpcyjnym w pobranych próbkach kształtował się następująco: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} > K^{+}$ (tab. 1), co jest typowe w glebach Polski. Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi był wysoki, w przedziale od 90,7% do 98,5% w warstwie 5–15 cm oraz od 77,0% do 93,5% w warstwie 30–40 cm (tab. 1). Pojemność sorpcyjna analizowanych próbek glebowych mieściła się w warstwie powierzchniowej (5–15 cm) od 17,8 do 26,6 cmol(+)/kg, a w warstwie 30–40 cm była mniejsza, wynosiła od 10,6 do 19,2 cmol(+)/kg (tab. 1), co ma związek z mniejszą zawartością próchnicy w głębszej warstwie gleby.

Odnosząc zawartość kationów zasadowych w pobranych próbkach glebowych do kryteriów oceny odporności gleb na degradację chemiczną według Siuty [Karczewska 2008], można stwierdzić, że przeważająca część badanych gleb należy do kategorii odpornych i bardzo odpornych na czynniki degradacji chemicznej.

W warstwie 5–15 cm badanych gleb stwierdzono zróżnicowaną zasobność w makroskładniki przyswajalne dla roślin (tab. 2). Tylko w jednym wypadku (działka I) stwierdzono małą zawartość przyswajalnego fosforu (8,4 mg $P_2O_5/100g$). W pozostałych glebach zawartość fosforu przyswajalnego mieściła się w przedziale od 15,9 do 33,3 mg $P_2O_5/100g$, to jest w zakresie wartości wysokich i bardzo wysokich (tab. 2). Zasobność w potas gleby w warstwie 5–15 cm, mieszczącą się w przedziale od 7,5 do 29,3 mg $K_2O/100g$, w większości próbek należy ocenić jako niską i średnią, a tylko w jednym wypadku jako bardzo wysoką. Zawartość form przyswajalnych magnezu w próbkach glebowych pobranych z głębokości 5–15 cm

wynosiła od 3,3 do 14,0 mg na 100g i odzwierciedlała szerokie spektrum zasobności od małej do bardzo dużej. Zróżnicowanie zawartości przyswajalnych form makroelementów w glebach poszczególnych działek niewątpliwie było spowodowane stosowaniem na nich przez poszczególnych użytkowników różnych zabiegów agrotechnicznych i różnymi dawkami nawozów.

Tabela 2. Właściwości chemiczne badanych gleb

Table 2. Chemical properties of soils

| Numer działki | Głębokość, cm | C org., % | N, % | C/N | Przyswajalne formy makroelementów | | | Całkowite zawartości metali | | |
|---------------|---------------|-----------|------|------|-----------------------------------|------------------|------|-----------------------------|------|------|
| | | | | | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Mg | Pb | Zn | Cu |
| | | | | | mg/100 g | | | mg/kg | | |
| I | 5–15 | 3,28 | 0,38 | 8,53 | 8,4 | 10,6 | 14,0 | 37,5 | 81,7 | 19,5 |
| | 30–40 | 2,77 | 0,24 | 11,3 | 4,2 | 6,2 | 8,0 | 28,9 | 52,5 | 16,5 |
| II | 5–15 | 2,16 | 0,19 | 11,2 | 22,7 | 14,4 | 5,8 | 36,4 | 88,2 | 20,7 |
| | 30–40 | 1,88 | 0,22 | 8,28 | 7,6 | 7,2 | 6,0 | 28,7 | 60,0 | 20,0 |
| III | 5–15 | 3,10 | 0,14 | 22,1 | 33,3 | 12,5 | 5,7 | 31,2 | 94,0 | 19,0 |
| | 30–40 | 1,69 | 0,19 | 8,79 | 11,6 | 10,1 | 6,0 | 17,4 | 55,2 | 14,2 |
| IV | 5–15 | 3,72 | 0,35 | 10,6 | 31,3 | 29,3 | 7,6 | 39,6 | 91,5 | 23,2 |
| | 30–40 | 2,48 | 0,17 | 14,1 | 8,1 | 26,8 | 6,3 | 28,3 | 46,5 | 15,7 |
| V | 5–15 | 3,13 | 0,28 | 11,1 | 24,9 | 7,7 | 13,7 | 32,8 | 74,7 | 18,5 |
| | 30–40 | 1,17 | 0,14 | 8,37 | 4,7 | 4,5 | 11,9 | 14,5 | 48,5 | 10,5 |
| VI | 5–15 | 3,07 | 0,28 | 10,9 | 31,1 | 19,8 | 5,2 | 37,8 | 33,5 | 21,0 |
| | 30–40 | 1,68 | 0,17 | 9,61 | 4,1 | 11,9 | 6,1 | 22,3 | 51,0 | 14,0 |
| VII | 5–15 | 2,64 | 0,28 | 9,45 | 15,9 | 7,5 | 3,3 | 34,3 | 67,7 | 21,0 |
| | 30–40 | 0,50 | 0,14 | 3,62 | 1,1 | 2,3 | 1,8 | 11,0 | 30,7 | 8,5 |

Całkowite zawartości trzech potencjalnie szkodliwych metali: Pb, Zn i Cu w analizowanych próbkach gleb wykazywały stosunkowo niewielkie zróżnicowanie. W próbkach pobranych z głębokości 5–15 cm zawartości ołowiu zawierały się w stosunkowo wąskim przedziale, od 31,3 do 39,6 mg/kg, a wyrażony w procentach współczynnik zmienności, określający stosunek odchylenia standardowego do średniej, był niski i wyniósł jedynie 8,4%. Zawartość ołowiu w warstwie 30–40 cm mieściła się natomiast w znacznie szerszym przedziale: od 11,0 do 28,9 mg/kg. (tab. 2), ze współczynnikiem zmienności 34%. Największą zawartość Pb stwierdzono w próbce z głębokości 30–40 cm, pobranej z działki nr VII, którą charakteryzowała najmniejsza całkowita pojemność sorpcyjna T.

Stwierdzone zawartości Pb w glebach pozostawały w zakresie typowym dla poziomów powierzchniowych i podpowierzchniowych gleb Polski [Kabata-Pendias i Pendias 1993; Czarnowska i in. 1994; Czarnowska i Gworek 1994]. Wartości te mieściły się także w zakresie zawartości naturalnych (stopień zanieczyszczenia 0), określonych w wytycznych IUNG [Kabata-Pendias i in. 1993] i pozostawały znacznie poniżej poziomu 100 mg/kg, określonego jako standard jakości gleb w kategorii sozologicznej B, obejmującej użytki rolne, tereny zabudowy mieszkaniowej oraz tereny rekreacyjne [Rozporządzenie... 2002].

Zawartości cynku w badanych próbkach gleby pobranych z głębokości 5–15 cm były bardziej zróżnicowane niż zawartości Pb i mieściły się w przedziale od 33,5 do 94,0 mg/kg, średnio 75,9 mg/kg i ze współczynnikiem zmienności wynoszącym 27,5%. Najmniejszą zawartość Zn w warstwie 5–15 cm, znacznie odbiegającą od pozostałych, zanotowano w próbce z działki VI. Trudno wyjaśnić przyczynę tej wyjątkowo małej zawartości Zn w tym wypadku. W warstwie 30–40 cm zawartość Zn była mniejsza i mniej zróżnicowana – wahała się od 30,7 do 60,0 mg/kg (tab. 2), a współczynnik zmienności wyniósł 18,9%. Wszystkie próbki wykazywały zawartość Zn w zakresie typowym dla gleb niezanieczyszczonych [Kabata-Pendias i Pendias 1993, Czarnowska i in. 1994, Czarnowska i Gworek 1994], w przedziale odpowiadającym zawartościom naturalnym wg IUNG i poniżej wartości standardu jakości (300 mg/kg) określonej dla obszarów B w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [2002]. Także dla miedzi stwierdzono podobne zależności. Zawartość Cu w warstwie 5–15 cm gleb kształtowała się w przedziale od 18,5 do 23,3 mg/kg, a współczynnik zmienności był niski i wyniósł 7,8%. W warstwie 30–40 cm zawartość całkowita Cu w glebie była mniejsza, w przedziale od 8,5 do 20,0 mg/kg, ze współczynnikiem zmienności 28%. Również i dla miedzi jej zmierzone zawartości mieszczą się w granicach typowych dla polskich gleb i zaliczają się do kategorii 0 stopnia zanieczyszczenia według IUNG oraz nie przekraczają standardu jakości gleb, wynoszącego dla Cu, podobnie jak dla Pb, 100 mg/kg [Rozporządzenie... 2002].

Tabela 3. Całkowita zawartość metali ciężkich w korzeniach marchwi

Table 3. Total concentrations of heavy metals in carrot roots

| Numer działki | Zawartości metali w korzeniach marchwi | | | | | |
|---------------|--|---------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | Pb | | Zn | | Cu | |
| | mg/kg s.m.* | mg/kg św.m.** | mg/kg s.m. | mg/kg św.m. | mg/kg s.m. | mg/kg św.m. |
| I | 0,014 | 0,002 | 12,4 | 2,48 | 4,6 | 0,92 |
| II | < g.o. | < g.o. | 20,0 | 4,00 | 6,4 | 1,28 |
| III | < g.o. | < g.o. | 15,0 | 3,00 | 5,2 | 1,04 |
| IV | 0,014 | 0,002 | 18,7 | 3,74 | 5,2 | 1,04 |
| V | < g.o. | < g.o. | 12,5 | 2,5 | 4,6 | 0,92 |
| VI | 0,019 | 0,095 | 18,8 | 3,76 | 5,1 | 1,02 |
| VII | < g.o. | < g.o. | 16,9 | 3,38 | 4,2 | 0,84 |

Objaśnienie: *s.m. – sucha masa; ** św.m. – świeża masa, < g.o. – poniżej granicy oznaczalności (<0,012 mg/kg s.m.).

Zawartości badanych metali w korzeniach marchwi charakteryzowało niewielkie zróżnicowanie, ze współczynnikami zmienności wynoszącymi dla Pb, Zn i Cu, odpowiednio: 18, 19 oraz 14%.

Zawartości ołowiu w suchej masie materiału w czterech przypadkach pozostawały poniżej granicy oznaczalności metody, wynoszącej 0,012 mg/kg s.m., korzenie marchwi pobrane z pozostałych 3 działek zawierały natomiast mniej niż 0,020 mg/kg s.m. Pb. War-

tościom tym odpowiadały zawartości Pb w świeżej masie korzeni, na poziomie poniżej 0,095 mg/kg (tab. 3). Oznaczone koncentracje Pb, zarówno w świeżej, jak i suchej masie materiału roślinnego, zawierały się w zakresie wartości dopuszczalnych dla roślin o przeznaczeniu konsumpcyjnym i paszowym, podanym przez Kabatę-Pendias i in. [1993] w wytycznych IUNG. Ołów jest jedynym spośród analizowanych pierwiastków metalicznych, w odniesieniu do którego w legislacji unijnej określono dopuszczalne zawartości w produktach żywnościowych. Według rozporządzenia Komisji Wspólnoty Europejskiej [2006] zawartość ołowiu w świeżej masie warzyw korzeniowych – świeżych i mrożonych - nie powinna przekraczać 0,1 mg/kg. W żadnej z pobranych próbek nie stwierdzono przekroczenia tej wartości (tab. 3).

Zawartość cynku w analizowanym materiale korzeni marchwi mieściła się w zakresie od 12,4 do 20,0 mg/kg s.m., któremu odpowiadały zawartości w świeżej masie od 2,48 do 4,0 mg/kg św.m. (tab.3). Wartości te mieszczą się w typowym przedziale podanym przez Kabatę-Pendias i Pendiasa [1993], którzy określili normalne zawartości Zn w korzeniu marchwi w zakresie 21–27 mg/kg s.m., czyli 1,8–4,0 mg/kg św.m. Zawartości Cu w analizowanych korzeniach marchwi, mieszczące się w przedziale od 4,2 do 6,4 mg/kg s.m, tj. jest od 0,84 do 1,28 mg/kg św.m. (tab.3), również pozostawały w zakresie typowym, określonym przez Kabatę-Pendias i Pendias jako 4,0–8,5 mg/kg s.m.

Wyniki oznaczonych zawartości Cu i Zn w korzeniach marchwi są zgodne z wytycznymi IUNG w odniesieniu do materiału roślinnego przeznaczonego na cele konsumpcyjne i paszowe.

Tabela 4. Korelacje między całkowitymi zawartościami metali w glebach (5–15 cm i 30–40 cm) i w suchej masie korzeni marchwi

Table 4. Correlations between total concentrations of metals in soils (5–15 cm and 30–40 cm) and in dry mass of carrot roots

| Głębokość, cm | Współczynniki korelacji Pearsona, R | | |
|---------------|-------------------------------------|--------|---------|
| | Pb | Zn | Cu |
| 5–15 | x | -0,179 | 0,208 |
| 30–40 | x | 0,052 | 0,835** |

Objaśnienie: x – nie obliczono współczynnika korelacji ze względu na małą liczbę wyników oznaczeń, **orientacyjna wartość współczynnika korelacji dla Cu.

Analizę korelacji między zawartością metali w korzeniach marchwi oraz ich całkowitą zawartością w glebie (w warstwach 5–15 cm i 30–40 cm) przeprowadzono jedynie dla Zn i Cu, z pominięciem Pb, dla którego w większości próbek roślinnych nie uzyskano konkretnych wartości stężeń, a jedynie informację, że wyniki pozostają poniżej granicy oznaczalności (tab. 3). Zawartości Zn i Cu w korzeniach marchwi nie wykazywały związku z zawartością tych pierwiastków w warstwie gleb 5–15 cm (tab. 4). Analiza wykazała natomiast

istotną statystycznie, rosnącą zależność zawartości Cu w korzeniach marchwi od zawartości Cu w warstwie 30–40 cm gleb (tab.4), jednak mimo wysokiej wartości współczynnika korelacji ($R=0,835$) zależność tę należy traktować jako orientacyjną, między innymi ze względu na mało liczny zbiór analizowanych wartości oraz ich stosunkowo niewielkie zróżnicowanie.

4. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych analiz gleb z terenu ogródków działkowych w Jeleńniej Górze „Zabobrze” oraz analiz zawartości metali w korzeniach marchwi można sformułować następujące wnioski:

1. Badane gleby charakteryzowały dobre właściwości użytkowe, wynikające z ich składu granulometrycznego i znacznej zawartości próchnicy. Całkowita pojemność sorpcyjna tych gleb oraz zasobność w przyswajalne formy makroelementów również potwierdzają ich korzystne właściwości.
2. Zawartości potencjalnie szkodliwych metali: Pb, Zn i Cu w wierzchniej warstwie (5–15 cm) badanych gleb były większe niż w warstwie głębszej (30–40 cm), co jest zależnością typową, związaną prawdopodobnie z procesem naturalnej bioakumulacji.
3. Zawartości wszystkich wymienionych wyżej metali Pb, Zn i Cu – w badanych glebach mieściły się w zakresie wartości naturalnych według wytycznych IUNG i pozostawały znacznie mniejsze niż dopuszczalne wartości określone przez standardy jakości gleb.
4. Korzenie marchwi zawierały naturalne ilości Pb, Zn i Cu, zgodne z wytycznymi IUNG, dla roślin przeznaczonych na cele konsumpcyjne i paszowe, a ilości Pb zgodne też z rozporządzeniem Komisji Wspólnoty Europejskiej [2006].
5. Nie stwierdzono istotnej zależności zawartości metali w korzeniach marchwi od zawartości tych metali w warstwie 5–15 cm gleb.

PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- CHODAK T., KAWAŁKO D. 1996. Zawartość niektórych metali ciężkich w glebach i warzywach ogródków działkowych Wrocławia. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 343: 949–954.
- CHODAK T., SZERSZEŃ L., KABAŁA C. 1995. Metale ciężkie w glebach i warzywach ogródków działkowych Wrocławia. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 418: 291–297.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B. 1994. Pierwiastki śladowe w warzywach liściowych i owocach z ogródków działkowych dzielnicy Warszawa-Mokotów. Roczn. Glebozn. 45 (1/2): 37–43.
- CZARNOWSKA K., GWOREK B., SZAFRANEK A. 1994. Akumulacja metali ciężkich w glebach i warzywach korzeniowych z ogródków działkowych dzielnicy Warszawa-Mokotów. Roczn. Glebozn. 45 (1/2): 45–54.

- GAMBUŚ F., WIECZOREK J. 1995. Metale ciężkie w glebach i warzywach z krakowskich ogródków działkowych. *Acta Agronom. Silv.* 33: 13–24.
- GONTARZ B., DMOWSKI Z. 2004. Ocena zawartości niektórych mikroelementów w warzywach z wybranych ogródków działkowych Wrocławia. Część I: Zawartość miedzi. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 502: 761–767.
- JAGIEŁŁO A., BOŻYM M., WACŁAWEK W. 2004. Rozmieszczenie zanieczyszczeń w anatomicznych częściach warzyw pochodzących z ogródków działkowych Nysy. Część II: Metale ciężkie. *Bromatol. Chem Toksykol.* 37(4): 335–339.
- JASIEWICZ C. 1994. Zawartość miedzi w warzywach z ogródków działkowych Krakowa. *Aura* 3: 23–24.
- KABAŁA C., CHODAK T., SZERSZEŃ L., KARCZEWSKA A., SZOPKA K., FRATCZAK U. 2009. Factors influencing the concentration of heavy metals in soils of allotment gardens in the city of Wrocław, Poland. *Fresenius Environ Bull.* 18 (7): 1118–1124
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1993. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A. i in. 1993. Ocena stopnia zanieczyszczenia gleby i roślin metalami ciężkimi i siarką. Ramowe wytyczne dla rolnictwa. IUNG, Puławy.
- KARCZEWSKA A. 2008. *Ochrona gleb i rekultywacja terenów zdegradowanych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.
- KAWAŁKO D., BYLICKA A. 2004. Zawartość mikroelementów w glebach ogródków działkowych na terenie Oleśnicy. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 502: 847–851.
- ROGÓŻ A. 2003. Właściwości fizykochemiczne gleb i zawartość pierwiastków śladowych w uprawianych warzywach. Część I Zawartość pierwiastków śladowych w glebach. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 493: 209–217.
- Rozporządzenie Komisji Wspólnoty Europejskiej nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 roku ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń środkach spożywczych** (Dz. Urz. Unii Europejskiej L364/5 20.12.2006).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi** (Dz.U. Nr 165, poz. 1359).
- SZERSZEŃ L., KABAŁA C., MUSIAŁ P. 1996. Metale ciężkie w glebach ogródków działkowych w Sosnowcu. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 434: 943–947.
- WŁAŚNIEWSKI S. 2004. Pierwiastki śladowe w ogródkach działkowych Rzeszowa. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 493: 279–287.
- ZOMMER-URBAŃSKA S., TOPOLEWSKI P., WOJCIECH P., ŚWISŁAWSKA A. 1992. Badanie zawartości pierwiastków szkodliwych dla zdrowia w wybranych warzywach i owocach uprawianych na terenie ogródków działkowych i ogrodnictwie w Inowrocławiu. *Bromatol. Chem Toksykol.* 25 (2): 185–191.