

ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH JAKO KRYTERIUM OCENY JAKOŚCI KORZENI MARCHWI

Wiesław Bednarek¹, Przemysław Tkaczyk², Sławomir Dresler¹

¹Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Akademia Rolnicza, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: wieslaw.bednarek@ar.lublin.pl

²Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Lublinie
ul. Sławinkowska 5, 20-810 Lublin

Streszczenie. W badaniach środowiskowych przeprowadzonych na Lubelszczyźnie oceniano jakość korzeni marchwi na podstawie zawartości metali ciężkich (Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, As i Hg) oraz obliczano zależności występujące pomiędzy tymi metalami a niektórymi cechami gleby i rośliny. Metale ciężkie w glebie i korzeniach oznaczono metodą ASA, inne cechy gleby i rośliny według procedur badawczych obowiązujących w akredytowanym laboratorium Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Lublinie. Nie stwierdzono istotnego wpływu rejonu uprawy na zawartość oznaczanych metali w korzeniach marchwi. Właściwości gleby w niewielkim stopniu decydowały o tej zawartości. Najbardziej podatnym na te wpływy metalem był cynk i arsen, najmniej – ołów, miedź i nikiel. Zawartość niektórych metali w korzeniach była w istotny sposób uzależniona od występowania w tej części rośliny innych pierwiastków. Stwierdzenie to dotyczy w największym stopniu cynku, rtęci i miedzi, w najmniejszym – niklu, ołowiu i arsenu. Przeciętna zawartość metali ciężkich w korzeniach marchwi (0,049 mg Pb, 0,057 mg Cd, 0,254 mg Ni, 3,107 mg Zn, 0,591 mg Cu, 0,002 mg As i 0,0004 mg Hg·kg⁻¹ ś.m.) wskazuje, że w żadnym przypadku nie została przekroczona dopuszczalna granica przewidziana dla tego typu produktu.

Słowa kluczowe: korzenie marchwi, metale ciężkie, jakość

WSTĘP

Warzywa należą do podstawowych elementów diety człowieka, a jednym z nich są korzenie marchwi. W związku z tym należy monitorować jakość tych roślin, uwzględniającą zwłaszcza obecność substancji potencjalnie szkodliwych. Do takich należy zaliczyć m.in. metale ciężkie, a szczególnie ołów, kadm, arsen i rtęć [1,4,7,13,14]. Źródła pierwiastków śladowych mogą być pochodzenia antropogenicznego i naturalnego. Jednym z nich jest gleba z jej złożonymi właściwościami. W naszym kraju układ czynników przyrodniczych i agrotechnicznych

powoduje, że w zdecydowanej większości, w warstwie ornej, występuje bardzo niska, naturalna, zawartość pierwiastków śladowych. Przyczyną zwiększonego pobierania tych metali przez niektóre rośliny uprawne może być, m.in., skład granulometryczny, niewielka zawartość próchnicy czy nadmierne zakwaszenie gleby. Oddziaływanie zakładów przemysłowych także zazwyczaj powoduje zwiększenie poziomu występowania tych metali w roślinach [3,5,9,12,15].

Celem badań była ocena jakości korzeni marchwi na podstawie zawartości pierwiastków śladowych (ołowiu, kadmu, niklu, cynku, miedzi, arsenu i rtęci) w tej części rośliny oraz określenie zależności występujących pomiędzy metalami w korzeniach a niektórymi właściwościami gleby i rośliny.

MATERIAŁ I METODY

W kilku rejonach Lubelszczyzny (okolice Zamościa (1), Hrubieszowa (2), Chełma (3), Łęcznej (4), Lublina (5), Białej Podlaskiej (6) i Puław (7)), przez trzy kolejne lata (2001- 2003), w pierwszej połowie września, do analiz chemicznych pobierano z upraw polowych korzenie spichrzowe marchwi. Próby pobierano losowo z kilku wybranych miejsc plantacji, a ich masa wynosiła około dwóch kilogramów. W materiale roślinnym oznaczono zawartość Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, As, Hg metodą ASA oraz Sog. metodą nefelometryczną. W miejscach pobrania prób roślinnych, z warstwy ornej (0-20 cm), do analiz chemicznych pobierano również próby glebowe. Oznaczono w nich: pH w 1 mol KCl·dm⁻³, skład granulometryczny metodą areometryczną Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, zawartość Corg. metodą Tiurina, zawartość przyswajalnego fosforu i potasu wg metody Wegnera-Riehma, zawartość przyswajalnego magnezu wg metody Schachtschabela, siarkę siarczanową metodą nefelometryczną, zawartość form ogólnych ołowiu, kadmu, niklu, cynku, miedzi, arsenu i rtęci metodą ASA. Gleby, na których uprawiano marchew należały przede wszystkim do rzędu bielicoziemnych i brunatnoziemnych, ale także czarnoziemnych i wapniowcowych. Przeciętna zawartość próchnicy w tych glebach nie przekraczała 2%, ilość cząstek spławialnych wahała się w granicach 23,3-33,0%, a ilu koloidalnego 3,8-5,5%. Były to gleby w większości lekko kwaśne, a nawet obojętne (jeden rejon), średnio, wysoko lub bardzo wysoko zaopatrzone w fosfor przyswajalny, średnio lub wysoko w potas przyswajalny i nisko lub średnio w przyswajalny magnez. Charakteryzowały się bardzo niską, naturalną [6], zawartością pierwiastków śladowych. Analizy chemiczne wykonano w akredytowanym laboratorium Okręgowej Stacji-Chemiczno Rolniczej w Lublinie. Uzyskane wyniki oceniono metodą analizy wariancji, klasyfikacja pojedyncza, z zastosowaniem testu Tukey'a (p = 0,05). Obliczono również zależności występujące pomiędzy niektórymi cechami gleby i rośliny a zawartością metali w korzeniach marchwi (współczynniki korelacji, współczynniki kore-

lacji wielokrotnej i determinacji, równania regresji wielokrotnej). Do obliczeń użyto pakietów statystycznych Statistica, ver. 6.0 i Statgraphics Plus 5.0. Zmiennymi niezależnymi były, w roślinie: x_1 – Pb, x_2 – Cd, x_3 – Ni, x_4 – Zn, x_5 – Cu, x_6 – As, x_7 – Hg, x_8 – S; w glebie: x_9 – frakcja piasku, x_{10} – frakcja pyłu, x_{11} – frakcja 0,02 – 0,002 mm, x_{12} – frakcja < 0,002 mm, x_{13} – pH_{KCl} , x_{14} – próchnica, x_{15} – P przyswajalny, x_{16} – K przyswajalny, x_{17} – Mg przyswajalny, x_{18} – S-SO₄, x_{19} – Pb, x_{20} – Cd, x_{21} – Ni, x_{22} – Zn, x_{23} – Cu, x_{24} – As, x_{25} – Hg. Zmiennymi zależnymi była zawartość Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, As i Hg w korzeniach marchwi. W tabelach 2 i 4 przedstawiono tylko istotne ($p = 0,05$) wartości współczynników korelacji, a na rysunkach 1-5 zakres zawartości poszczególnych pierwiastków w korzeniach.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość metali ciężkich (ołowiu, kadmu, niklu, cynku, miedzi, arsenu i rtęci) w korzeniach spichrzowych marchwi, aczkolwiek zróżnicowana, nie zależała w zasadzie istotnie od rejonu uprawy tej rośliny (tab. 1, rys. 1-5). Stwierdzono jedynie, że ilość ołowiu w próbach pobranych z rejonu 4 była istotnie mniejsza niż z rejonu 6 oraz ilość niklu w próbach pobranych z rejonu 2, 5 i 7 była również istotnie mniejsza niż w próbach z rejonu 1, 4 i 6.

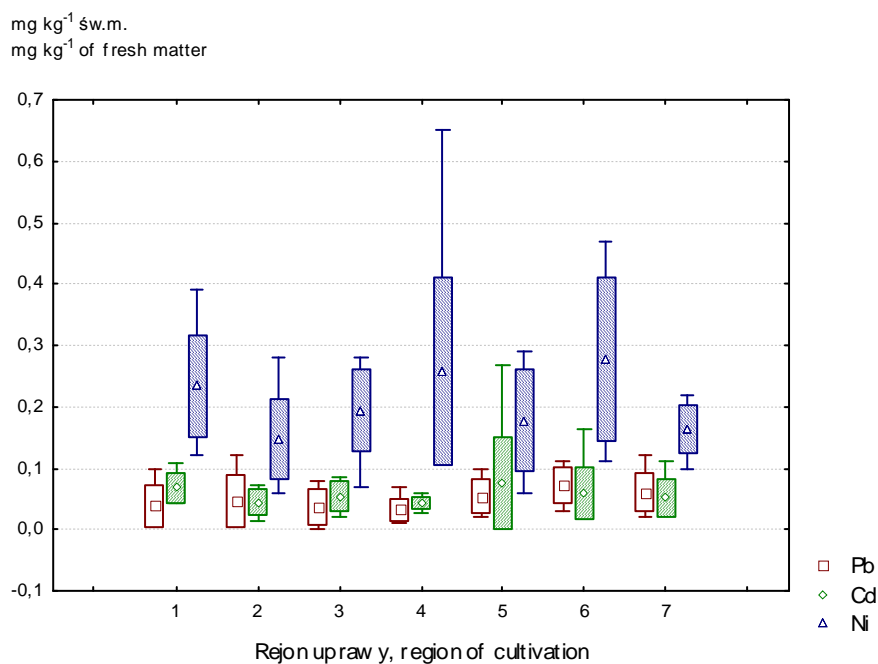
Tabela 1. Zawartość metali ciężkich w korzeniach marchwi ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ś.m.)

Table 1. Content of heavy metals in carrot root (mg kg^{-1} of fresh matter)

Rejon uprawy Region of cultivation	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	As $\cdot 10^{-3}$	Hg $\cdot 10^{-4}$
1	0,039	0,068	0,234	3,636	0,637	1,8	3,4
2	0,046	0,045	0,147	2,641	0,488	2,3	3,1
3	0,037	0,057	0,193	3,488	0,632	2,1	3,9
4	0,032	0,043	0,258	2,770	0,579	2,0	4,1
5	0,054	0,076	0,178	3,096	0,543	2,1	4,2
6	0,073	0,059	0,600	2,890	0,700	1,9	3,9
7	0,061	0,052	0,164	3,231	0,559	1,8	4,2
NIR _{0,05}	0,040	0,055	0,055	2,063	0,285	1,6	1,8
LSD _{0,05}							

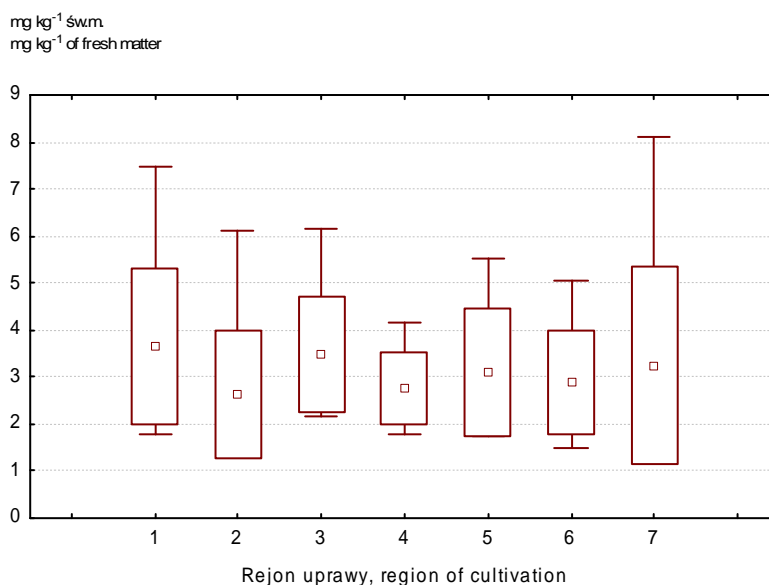
Sytuację tę można wyjaśnić niektórymi właściwościami gleby. Była ona w zdecydowanej większości lekko kwaśna, w jednym rejonie nawet obojętna, a więc nie sprzyjała występowaniu pierwiastków śladowych w formach ruchliwych oraz nie powodowała ich zwiększonego pobierania przez roślinę. Kolejnym

argumentem była bardzo niska, naturalna wg klasyfikacji IUNG [6], zawartość oznaczanych metali w glebie. Również dobra jej zasobność w fosfor i potas przyswajalny mogła ograniczać pobieranie niektórych metali przez marchew. Także zawartość próchnicy oraz cząstek spławialnych zapewne przyczyniła się do gorszego zaopatrzenia testowanej rośliny w metale ciężkie, a zjawisko to należy wówczas uznać za wyjątkowo korzystne. Podobne uzasadnienia można znaleźć w opracowaniach Kabaty-Pendias i in.[6], Dudziaka [2], Jasiewicz i in. [5] oraz Rogóza i Opozdy-Zuchmańskiej [8]. Jednocześnie niską zawartość metali ciężkich w korzeniach tej rośliny zebranej z plantacji Lubelszczyzny stwierdził Dudziak [2]. Szteke i Boguszevska [11] analizując zawartość kadmu w korzeniach marchwi pochodzącej z różnych rejonów kraju informują, że mieściła się ona średnio na poziomie $0,04 \text{ mg Cd}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$, a w około 10% ocenianych próbek przekroczyła górny pułap ($0,08 \text{ mg Cd}\cdot\text{kg}^{-1} \text{ ś.m.}$).



□ średnia, average; \pm odch.std, \pm standard deviation; \perp min.-maks., min.-max.

Rys. 1. Zawartość ołowiu, kadmu i niklu w korzeniach marchwi
Fig. 1. Content of lead, cadmium and nickel in carrot root

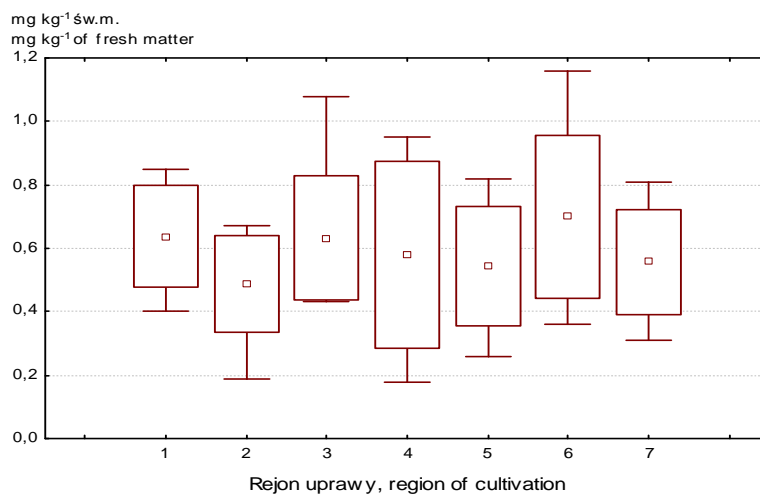


□ średnia, average; \square \pm odch.std, \pm standard deviation; \perp \top min.-maks., min.-max.

Rys. 2. Zawartość cynku w korzeniach marchwi
Fig. 2. Content of zinc in carrot root

Interesującym uzupełnieniem powyższych uwag są wyliczone współczynniki korelacji występujące pomiędzy zawartością poszczególnych metali w korzeniach marchwi a niektórymi właściwościami gleby (tab. 2). Takich zależności nie stwierdzono w przypadku kadmu, niklu i miedzi, a z pozostałymi pierwiastkami (arsenem, ołowiem i rtęcią) ich charakter można określić jako bardzo nie usystematyzowany, czy wręcz przypadkowy.

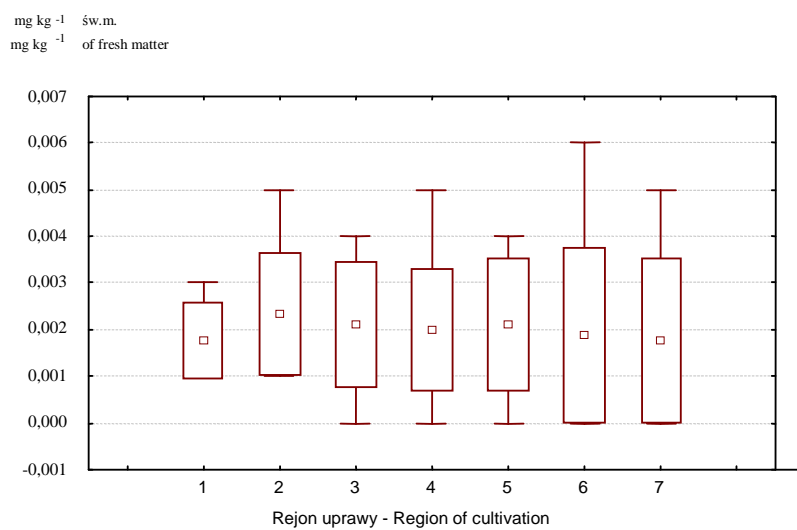
Najczęstsze, ale równie nieliczne, korelacje (ujemne) wystąpiły pomiędzy niektórymi właściwościami gleby (Ni, ił koloidalny, pył) a zawartością cynku w korzeniach. Natomiast Jasiewicz i in. [5] stwierdzili istotną i dodatnią zależność pomiędzy ilością Zn w glebach ogrodów działkowych Sosnowca a koncentracją tego pierwiastka w korzeniach marchwi ($r_{xy} = 0,626$), pietruszki (0,523) i buraków (0,658). Rogóż i Opozda-Zuchmańska [8] informują z kolei o istotnej, ujemnej korelacji, pomiędzy pH_{KCl} a zawartością w marchwi cynku, miedzi i manganu.



□ średnia, average; \square \pm odch.std, \pm standard deviation; \perp \top min.-maks., min.-max.

Rys. 3. Zawartość miedzi w korzeniach marchwi

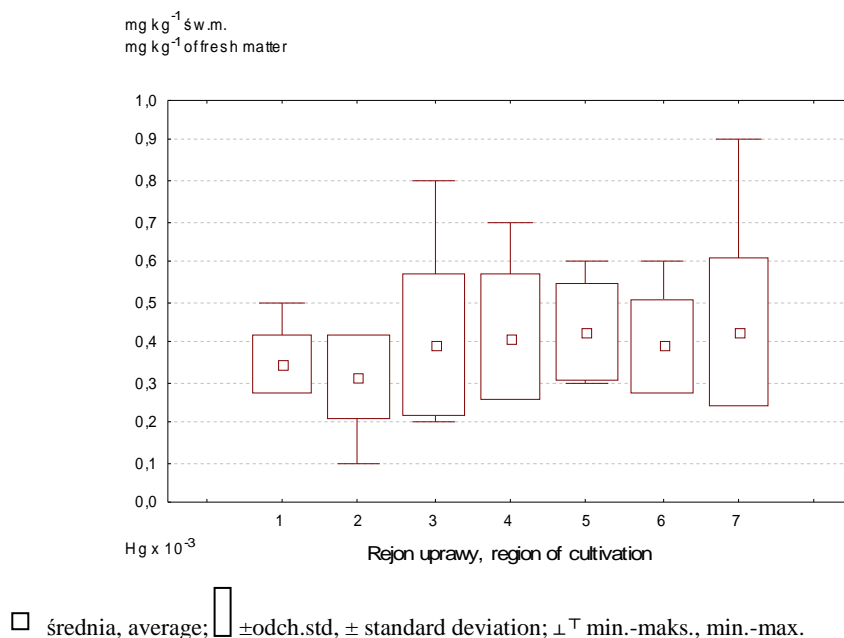
Fig. 3. Content of copper in carrot root



□ średnia, average; \square \pm odch.std, \pm standard deviation; \perp \top min.-maks., min.-max.

Rys. 4. Zawartość arsenu w korzeniach marchwi

Fig. 4. Content of arsenic in carrot root



Rys. 5. Zawartość rtęci w korzeniach marchwi

Fig. 5. Content of mercury in carrot root

Statystyczna ocena wpływu wszystkich analizowanych cech gleby na koncentrację metali w korzeniach wskazuje, że był on niewielki (tab. 3). Największy dotyczył cynku i można go określić wartością współczynnika korelacji wielokrotnej (0,583) i determinacji (34,0). Również zawartość arsenu w korzeniach była w istotny sposób uzależniona od zespołu pewnych cech glebowych (m.in. zawartości cynku i niklu), które można określić wielkością współczynnika korelacji wielokrotnej (0,577) i determinacji (33,3). Najsłabsze, nieistotne, związki rozpatrywanych właściwości gleby wystąpiły z zawartością w korzeniach kadmu i miedzi (tab. 3).

Z analizy tej wynika, że uwzględnione w obliczeniach cechy gleby nie oddziaływały szczególnie pozytywnie na zawartość metali w korzeniach. Najbardziej uzależniona była od nich koncentracja cynku, arsenu i rtęci – najmniej – kadmu, miedzi i niklu. Z oceny tej wynika również, że właściwości gleby w różny, nierównocenny sposób wpływały na zawartość tych pierwiastków w korzeniach marchwi.

Tabela 2. Zależność zawartości metali ciężkich w korzeniach marchwi od niektórych właściwości gleby (n = 63)**Table 2.** Dependence of heavy metals content in carrot roots on soil properties (n = 63)

Zmienna – Variable	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	As	Hg
1-0,1 mm							
0,1-0,02 mm				-0,250			
0,02-0,002mm							
<0,002mm	-0,360			-0,331			
pH _{KCl}							
Próchnica – Humus							
P _{przysw.}							
K _{przysw.}							
Mg _{przysw.}							
S-SO ₄							
Pb							
Cd							-0,290
Ni	-0,286			-0,361			
Zn							
Cu							
As							0,253
Hg							-0,300

Tabela 3. Statystyczna charakterystyka wpływu niektórych właściwości gleby na zawartość metali ciężkich w korzeniach marchwi**Table 3.** Statistical description of the effect of soil properties on the contents of heavy metals in carrot root

Korzeń Root	R	R ² ·100	Poziom istotności Significance level	Równanie regresji wielokrotnej Multiple regression equation
Pb	0,417	17,4	0,003	Y = 0,05 - 0,004 _{x9} + 0,0085 _{x21}
Cd	0,312	9,7	0,108	Y = 0,05 - 0,0006 _{x12} + 0,001 _{x19} - 0,003 _{x18}
Ni	0,383	14,7	0,024	Y = 0,21 + 0,06 _{x16} - 4,31 _{x22} - 0,07 _{x10}
Zn	0,583	34,0	0,0002	Y = 2,34 - 0,29 _{x18} - 0,51 _{x11} + 0,38 _{x21} - 0,02 _{x12} + 0,05 _{x19}
Cu	0,347	12,0	0,054	Y = 0,44 + 0,05 _{x21} + 0,02 _{x16} - 0,51 _{x17}
As	0,577	33,3	0,0067	Y = 0,6·10 ⁻³ - 0,02 _{x22} + 0,4·10 ⁻³ _{x21} - 0,9·10 ⁻⁴ _{x9} + 0,8·10 ⁻⁴ _{x19} - 0,2·10 ⁻⁴ _{x13} - 0,2·10 ⁻⁴ _{x12} + 0,2·10 ⁻³ _{x10} - 0,1·10 ⁻³ _{x18} - 0,7·10 ⁻⁴ _{x14}
Hg	0,505	25,5	0,018	Y = 0,4·10 ⁻³ - 0,3·10 ⁻³ _{x17} + 0,001 _{x22} + 0,3·10 ⁻⁴ _{x21} - 0,1·10 ⁻⁵ _{x12} + 0,1·10 ⁻⁴ _{x14} - 0,2·10 ⁻⁴ _{x18} + 0,1·10 ⁻⁴ _{x9}

R – współczynnik korelacji wielokrotnej – multiple correlation coefficient,

R²·100 – współczynnik determinacji – determination coefficient.

Wyniki analizy statystycznej wskazują, że istotne korelacje pomiędzy zawartością poszczególnych metali ciężkich są stosunkowo nieliczne (tab. 4)

Dodatnie związki stwierdzono pomiędzy kadmem a cynkiem, miedzią i rtęcią; cynkiem a rtęcią i miedzią oraz miedzią a rtęcią i arsenem (zależność ujemna).

Tabela 4. Współzależność zawartości metali ciężkich (i siarki) w korzeniach marchwi (współczynniki korelacji) (n = 63)

Table 4. Dependence of contents of heavy metals (and sulphur) in carrot root (correlation coefficient) (n = 63)

Zmienna Variable	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	As	Hg
Pb	–						
Cd		–					
Ni			–				
Zn	0,328	0,549		–			
Cu		0,453		0,463	–		
As					–0,266	–	
Hg		0,350		0,534	0,603		–
S						0,337	

Statystyczna analiza wskazuje, że wpływ zawartości niektórych pierwiastków w korzeniach na zawartość metali ciężkich w tej części rośliny był znaczący (tab. 5). Dotyczył przede wszystkim cynku i rtęci oraz w nieco mniejszym stopniu – miedzi. Występowanie cynku było w największym stopniu uzależnione od rtęci, kadmu, siarki i ołowiu. Te cztery pierwiastki prawie w 54% (spośród wszystkich oznaczanych) decydowały o jego występowaniu w korzeniach. Z kolei na koncentrację rtęci w tej części rośliny oddziaływała głównie (w prawie 53%) obecność miedzi, siarki i cynku. Na zawartość miedzi w korzeniach najsilniej (w 47%) oddziaływała rtęć, arsen, kadm i nikiel. Na koncentrację Ni w korzeniach inne pierwiastki nie oddziaływały istotnie. Spośród wszystkich rozpatrywanych najsilniej wpływały: ołów, miedź i cynk, ale ten wpływ nie przekraczał 11%. Współzależność oznaczanych w korzeniach marchwi pierwiastków można uszeregować w następujący sposób (od związków najsilniejszych): cynk, rtęć, miedź, kadm, arsen, ołów i nikiel (tab. 5).

Wyliczone równania regresji wielokrotnej (tab. 3 i 5) pozwalają prognozować zmiany zawartości pierwiastków śladowych w korzeniach z zastosowaniem najkorzystniejszego układu zmiennych niezależnych, występującego w glebie lub roślinie.

Tabela 5. Statystyczna charakterystyka wpływu zawartości niektórych pierwiastków w korzeniach marchwi na występowanie metali ciężkich w tej części rośliny

Table 5. Statistical description of the effect of the contents of elements in carrot root on the occurrence of heavy metals in this part of the plant

Korzeń Root	R	R ² ·100	Poziom istotności Significance level	Równanie regresji wielokrotnej Multiple regression equation
Pb	0,452	20,4	0,009	$Y = 0,01 + 0,009_{x4} + 4,61_{x6} + 0,02_{x3} - 0,13_{x2}$
Cd	0,604	36,5	0,000	$Y = -0,003 + 0,013_{x4} + 0,04_{x5} - 0,14_{x1}$
Ni	0,326	10,6	0,083	$Y = -0,07 + 0,54_{x5} + 2,65_{x1} - 0,04_{x4}$
Zn	0,732	53,6	0,000	$Y = -1,004 + 13,1_{x2} + 4264,7_{x7} + 10,3_{x8} + 7,87_{x1}$
Cu	0,683	46,7	0,000	$Y = 0,25 + 715,7_{x7} + 1,43_{x2} + 0,08_{x3} - 16,4_{x6}$
As	0,465	21,6	0,002	$Y = 0,001 + 0,013_{x8} - 0,002_{x5} + 0,008_{x1}$
Hg	0,724	52,4	0,000	$Y = 0,3 \cdot 10^{-3} + 0,3 \cdot 10^{-3}_{x5} + 0,4 \cdot 10^{-4}_{x4} - 0,001_{x8}$

Średnia zawartość metali ciężkich w korzeniach marchwi pobranych z plantacji Lubelszczyzny (0,049 mg Pb, 0,057 mg Cd, 0,254 mg Ni, 3,107 mg Zn, 0,591 mg Cu, 0,002 mg As i 0,0004 mg Hg·kg⁻¹ ś.m.) wskazuje, że mieściła się ona na niskim poziomie, o czym świadczą również liczne opracowania naukowe [1,2,11, 13,15] oraz rozporządzenie Ministra Zdrowia [10]. Należy jednak zauważyć, że w 11 próbkach spośród 63 zawartość ołowiu i w 10 próbkach zawartość kadmu przekroczyła górny pułap, czyli 0,1 mg Pb i 0,08 mg Cd·kg⁻¹ ś.m.

WNIOSKI

1. Nie stwierdzono istotnego wpływu rejonu uprawy na zawartość metali ciężkich w korzeniach spichrzowych marchwi (z wyjątkiem niklu i ołowiu).

2. Rozpatrywane właściwości gleby w niewielkim stopniu (9,7-34,0%) decydowały o zawartości pierwiastków śladowych w korzeniach marchwi. Metalem najbardziej podatnym na te wpływy był cynk i arsen, najmniej – ołów, miedź i nikiel.

3. Zawartość niektórych metali w korzeniach marchwi była w istotny sposób uzależniona od występowania w tej części rośliny innych pierwiastków. Stwierdzenie to dotyczy w największym stopniu cynku, rtęci i miedzi, w najmniejszym – niklu, ołowiu i arsenu.

4. Średnia zawartość metali ciężkich w korzeniach marchwi (0,049 mg Pb, 0,057 mg Cd, 0,254 mg Ni, 3,107 mg Zn, 0,591 mg Cu, 0,002 mg As i 0,0004 mg Hg·kg⁻¹ ś.m.) wskazuje, że w żadnym przypadku nie została przekroczona dopuszczalna granica przewidziana dla tego typu produktu.

PIŚMIENNICTWO

1. **Buliński R., Kot A., Błoniarz J., Koktysz N.:** Badania zawartości niektórych pierwiastków śladowych w produktach spożywczych krajowego pochodzenia. Cz. VII. Zawartość ołowiu, kadmu, cynku, miedzi, wanadu i kobaltu w warzywach i owocach. *Bromat. Chem. Toksykol.* XIX, 1, 21-26, 1986.
2. **Dudziak S.:** Badania zawartości metali ciężkich w płodach rolnych regionu lubelskiego. *OSCHR Lublin*, 1-19, 1996.
3. **Gontarz B., Dmowski Z.:** Pobranie metali ciężkich przez warzywa uprawiane w rejonie zakładów hutniczych przemysłu metali nieżelaznych we Wrocławiu. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, 389, 199-209, 2000.
4. **Gorlach E.:** Zawartość pierwiastków śladowych w roślinach pastewnych jako miernik ich wartości. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 262, cz. I, 13-22, 1991.
5. **Jasiewicz C., Sendor R., Buczek J.:** Zawartość metali ciężkich w warzywach uprawianych w ogrodach działkowych Sosnowca. *Rocz. AR w Poznaniu*, 27, 117-123, 1998.
6. **Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., Terelak H., Witek T.:** Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. *Wyd. IUNG*, 1-20, 1993.
7. **Nowak L., Kucharzewski A.:** Zawartość arsenu i selenu w produktach roślinnych pochodzących z województwa legnickiego. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 471, cz. II, 1067-1074, 2000.
8. **Rogóż A., Opozda-Zuchmańska E.:** Właściwości fizykochemiczne gleb i zawartość pierwiastków śladowych w uprawianych warzywach, cz.II. Zawartość miedzi, cynku oraz manganu w warzywach. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 493, 471-481, 2003.
9. **Rosada J., Nijak K.:** Przydatność konsumpcyjna warzyw uprawianych w rejonie emisji huty Plant „Głogów” w świetle nowej ustawy o dopuszczalnym poziomie metali ciężkich. *Prog. in Plant Prot.*, 42, 2, 716-719, 2002.
10. 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.03.37.326].
11. **Szteke B., Boguszewska M.:** Kadm w jadalnych surowcach roślinnych w Polsce-wyniki badań monitorowych z lat 1995-1998. *Zesz. Nauk. Komitetu „Człowiek i Środowisko” PAN*, 26, 327-335, 2000.
12. **Tyksiński W., Mocek A., Owczarzak W., Roszyk J.:** Metale ciężkie w warzywach i owocach z ogródków działkowych w Polkowicach. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 418, 305-312, 1995.
13. **Właśniewski S.:** Zawartość metali ciężkich w marchwi uprawianej w wiejskich działkach przyzagrodowych w województwie rzeszowskim. *Rocz. AR w Poznaniu*, 345-351, 1998.
14. **Zalewski W., Oprządek K., Syrocka K., Lipińska J., Jaroszyńska J.:** Zawartość pierwiastków szkodliwych dla zdrowia w owocach i warzywach uprawianych w województwie siedleckim. *Rocz. PZH*, XLV, 1-2, 19-26, 1994.
15. **Zawadzka T., Mazur H., Wojciechowska-Mazurek M., Starska K., Brulińska-Ostrowska E., Cwiek K., Umińska R., Bichniewicz A.:** Zawartość metali w warzywach w różnych regionów Polski w latach 1986-1988. Cz. I. Zawartość ołowiu, kadmu i rtęci. *Rocz. PZH*, XLI, 3-4, 111-131, 1990.

HEAVY METALS CONTENT AS A CRITERION FOR ASSESSMENT OF CARROT ROOT

Wiesław Bednarek¹, Przemysław Tkaczyk², Sławomir Dresler¹

¹Department of Agricultural and Environmental Chemistry, Agricultural University
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: wieslaw.bednarek@ar.lublin.pl

²Regional Agrochemical Station in Lublin, ul. Sławinkowska 5, 20-810 Lublin

Abstract. The environmental study, carried out in the Lublin region, was aimed at assessment of carrot root quality based on the contents of heavy metals (Pb, Cd, Ni, Zn, Cu, As, Hg) and at finding correlation between these heavy metals and some properties of soil and plant. Heavy metals in soil and roots were determined with ASA method, other properties of soil and plant were determined according to research procedures of the laboratory of the Regional Agrochemical Station in Lublin. Region of cultivation was found to have no significant effect on the contents of heavy metals in carrot roots. Soil properties determined their content only to a small extent. The most susceptible to these effects were zinc and arsenic, the least – nickel, lead and copper. Contents of some heavy metals was significantly dependent on occurrence of other elements in this part of the plant. This concerns especially zinc, mercury and copper, while in the least degree – nickel, lead and arsenic. The average contents of heavy metals in carrot root (0.049 mg Pb, 0.057 mg Cd, 0.254 mg Ni, 3.107 mg Zn, 0.591 mg Cu, 0.002 mg As, 0.0004 mg Hg kg⁻¹ of fresh matter) indicates that it did not exceed upper threshold typical of products of this type.

Key words: carrot root, heavy metals, quality