

## WPLYW ZANIECZYSZCZENIA GLEBY KADMEM NA PLONOWANIE I SKŁAD CHEMICZNY MARCHWI

*Zdzisław Ciećko, Rafał Rzoska, Elżbieta Rolka, Marcin Harnisz*

Katedra Chemii Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

### Wstęp

Kadm jest pierwiastkiem silnie rozproszonym w skałach, a przeciętna jego zawartość mieści się w granicach 0,03–0,22 mg·kg<sup>-1</sup> [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999]. W glebach o pH 4,5–5,5 kadm jest bardzo mobilny, a przy wyższych wartościach ulega unieruchomieniu, tworząc przede wszystkim węglany [FIC 1987]. W warunkach gleb kwaśnych pierwiastek ten jest bardzo łatwo pobierany przez rośliny, głównie przez korzenie, zazwyczaj wprost proporcjonalnie do jego zawartości w glebie [MORAL i in. 1994].

Większość pobranych jonów kadmu jest zatrzymywana w systemie korzeniowym rośliny, część jest wiązana przez składniki ściany komórkowej, głównie związki pektynowe i białka. Objawy toksyczności występują na ogół przy zawartości 5–30 mg Cd·kg<sup>-1</sup> gleby. Przejawem skażenia roślin tym pierwiastkiem są plamy chlorotyczne i brunatne na blaszkach liściowych oraz zaczerwienienie żyłek. Liście ulegają skręceniu, a korzenie zgrubieniu i skróceniu [WOŹNY i in. 1990]. Większość roślin wykazuje dużą tolerancję na zanieczyszczenie gleby kadmem i stąd mogą one stanowić źródło szkodliwych ilości tego pierwiastka w diecie człowieka i w żywieniu zwierząt.

Przedmiotem niniejszej pracy jest wyjaśnienie oddziaływania zanieczyszczenia gleby kadmem w połączeniu z nawożeniem obornikiem i wapnowaniem gleby, które może unieruchamiać ten pierwiastek, na plonowanie i skład chemiczny marchwi średniowczesnej odmiany Lenka. Celem pracy jest także znalezienie sposobu na ograniczenie kumulacji kadmu w korzeniach marchwi.

### Materiał i metody

Badania oparto na doświadczeniu wazonowym, które przeprowadzono w hali wegetacyjnej. W doświadczeniu wykorzystano wazony Kick-Brauckmanna, które napełniano glebą o składzie granulometrycznym piasku gliniastego-mocnego w ilości 8,5 kg. Odczyn gleby (pH) w 1 mol KCl·dm<sup>-3</sup> wynosił 3,9, kwasowość hydrolytyczna (Hh) 1,87 cmol(+)·kg<sup>-1</sup> gleby, a zawartość kadmu – 0,109 mg·kg<sup>-1</sup>.

Doświadczenie obejmowało trzy serie: 1) z nawożeniem NPK, 2) z nawożeniem NPK + obornik oraz 3) z nawożeniem NPK + wapnowanie. Nawożenie mineralne było jednakowe we wszystkich obiektach doświadczenia i wynosiło 1 g N, 0,305 g P i 1,246 g K na wazon. Obornik zastosowano w ilości 2% w sto-

sunku do masy gleby, a wapno w ilości odpowiadającej pełnej kwasowości hydrolytycznej. Kadm został wprowadzony do gleby w postaci wodnego roztworu chloru kadmowego, były to dawki równe 8,5, 17,0 i 25,5 mg Cd·kg<sup>-1</sup> gleby.

Marchew została zebrana w fazie dojrzałości użytkowej. W korzeniach i masie nadziemnej marchwi określono: azot metodą Kjeldahla, fosfor metodą wanadowo-molibdenową, potas, wapń i sód metodą emisji fotonemieniowej, a magnez i kadm metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA). W przypadku kadmu próby mineralizowano mieszaniną kwasu nadchlorowego i azotowego.

## Wyniki i dyskusja

Wzrastające zanieczyszczenie gleby kadmem przyczyniło się do niewielkiego spadku plonu korzeni i masy nadziemnej marchwi (tab. 1 i 2). W serii nawożonej wyłącznie NPK spadek ten wynosił odpowiednio 10 i 12%. Zastosowanie w jednej serii obornika, a w drugiej wapna nieznacznie podwyższyło plon marchwi, ale nie wyeliminowało negatywnego wpływu kadmu na jego wielkość.

Tabela 1; Table 1

Oddziaływanie skażenia gleby kadmem na plon korzeni marchwi jadalnej (g na wazon)  
Influence of soil contamination with cadmium on yield of edible carrot roots (g per pot)

Dawka kadmu (mg·kg <sup>-1</sup> gleby) Cadmium rate (mg·kg <sup>-1</sup> soil)	Seria z NPK Serie with NPK	Seria z NPK + obornik; Series with NPK + farmyard manure	Seria z NPK + wapno; Series with NPK + lime	Średnia Mean
	plon; yield (g na wazon)			
0	407	419	406	411
8,5	370	390	394	385
17,0	384	392	387	388
25,5	365	374	370	370
Średnia; Mean	381	394	389	388

NIR<sub>0,01</sub>; LSD<sub>0,01</sub> dla skażenia Cd; for Cd contamination – nieistotne; not significant  
dla zastosowanych dodatków; for used additives – nieistotne; not significant.  
dla współdziałania; for interaction – 20,8

Tabela 2; Table 2

Oddziaływanie skażenia gleby kadmem na plon naci marchwi jadalnej (g na wazon)  
Influence of soil contamination with cadmium on yield of edible carrot tops (g per pot)

Dawka kadmu (mg·kg <sup>-1</sup> gleby) Cadmium rate (mg·kg <sup>-1</sup> soil)	Seria z NPK Serie with NPK	Seria z NPK + obornik; Series with NPK + farmyard manure	Seria z NPK + wapno; Series with NPK + lime	Średnia Mean
	plon; yield (g na wazon)			
0	73	76	66	72
8,5	65	65	65	65
17,0	63	66	68	66
25,5	64	66	66	65
Średnia; Mean	66	68	66	67

NIR<sub>0,01</sub>; LSD<sub>0,01</sub> dla skażenia Cd; for Cd contamination – nieistotne; not significant  
dla zastosowanych dodatków; for used additives – nieistotne; not significant  
dla współdziałania; for interaction – 7,4

Podobne wyniki uzyskał CIEĆKO i in. [1995] w doświadczeniu z kukurydzą, której plony także spadały wraz ze wzrostem zawartości kadmu w glebie. Zastosowane w tych badaniach wapno również nie ograniczyło ujemnego wpływu kadmu na plon.

Skażenie gleby kadmem przyczyniło się wyraźnie do wzrostu koncentracji tego pierwiastka w korzeniach i masie nadziemnej marchwi (tab. 3 i 4). Przy zanieczyszczeniu gleby wynoszącym  $8,5 \text{ mg Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby, zawartość kadmu wzrosła średnio 4,5-krotnie w korzeniach i 2,3-krotnie w naci w stosunku do obiektów kontrolnych – niezanieczyszczonych. Zwiększenie skażenia gleby do ilości  $17 \text{ mg Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$  przyczyniło się do dalszego wzrostu zawartości kadmu, głównie w naci marchwi. Wzrost jego zawartości przy tym zanieczyszczeniu był 4,7-krotny w korzeniach i 4,8-krotny w naci. Podobne zależności wykazali GAMBUŚ i GORLACH [1996] w doświadczeniu ze słonecznikiem i owsem. W obiektach skażonych kadmem w dawce  $25,5 \text{ mg Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$  nie stwierdzono dalszego wzrostu zawartości tego pierwiastka w obu organach marchwi. Przy tym zanieczyszczeniu wystąpił nawet wyraźny spadek zawartości kadmu, szczególnie w korzeniach marchwi. Należy podkreślić, że nawożenie gleby wyłącznie NPK nie ogranicza pobrania kadmu przez rośliny marchwi, w odróżnieniu od zastosowanych dodatków

Tabela 3; Table 3

Zawartość kadmu w korzeniach marchwi ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.)  
Concentration of cadmium in carrot roots ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  DM)

Dawka kadmu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) Cadmium rate ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ soil)	Seria z NPK Serie with NPK	Seria z NPK + obornik; Series with NPK + farmyard manure	Seria z NPK + wapno; Series with NPK + lime	Średnia Mean
	mg $\text{Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.; mg $\text{Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM			
0	0,89	0,22	0,32	0,48
8,5	2,36	2,17	1,90	2,14
17,0	2,76	2,24	1,83	2,28
25,5	2,13	1,59	1,41	1,71
Średnia; Mean	2,03	1,55	1,36	1,65

Tabela 4; Table 4

Zawartość kadmu w naci marchwi ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.)  
Concentration of cadmium in carrot tops ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  DM)

Dawka kadmu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby) Cadmium rate ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ soil)	Seria z NPK Serie with NPK	Seria z NPK + obornik; Series with NPK + farmyard manure	Seria z NPK + wapno; Series with NPK + lime	Średnia Mean
	mg $\text{Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.; mg $\text{Cd}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM			
0	0,71	0,55	0,57	0,61
8,5	2,00	1,11	1,02	1,38
17,0	3,15	2,71	2,89	2,92
25,5	2,98	2,41	2,56	2,65
Średnia; Mean	2,21	1,69	1,76	1,89

Zastosowany w doświadczeniu obornik oraz wapno znacznie ograniczyły zawartość kadmu w marchwi. W serii z obornikiem zawartość ta obniżyła się za-

równy w korzeniach, jak i w naci, średnio o 24%. W przypadku serii z wapnem spadek zawartości kadmu wynosił średnio 33% w korzeniach i 20% w naci. Ten dodatni wpływ obornika i wapna na ograniczenie akumulacji kadmu w przypadku korzeni był proporcjonalny do stopnia zanieczyszczenia gleby, natomiast w naci najsilniej zaznaczył się przy niskim zanieczyszczeniu. Uzyskane wyniki są potwierdzeniem danych literaturowych, mówiących o pozytywnym działaniu wapnowania gleby na ograniczenie fitoprzyzwajalności kadmu [SAPEK 1991; GORLACH 1994; CIEĆKO i in. 1995].

Tabela 5; Table 5

Zawartość makroelementów w korzeniach i naci marchwi (% s.m.)  
Concentration of macronutrients in carrot roots and top leaves (% dry matter)

Dodatek Additive	Dawka kadmu (mg·kg <sup>-1</sup> gleby) Cadmium rate (mg·kg <sup>-1</sup> soil)	N ogółem Total N	P	K	Ca	Mg
		% s.m.; % DM				
NPK	Korzeń; Root					
	0	1,04	0,24	2,29	0,59	0,10
	8,5	1,04	0,23	2,38	0,63	0,10
	17,0	1,06	0,22	2,46	0,63	0,08
	25,5	1,15	0,23	2,35	0,63	0,09
	Nać; Top leaves					
	0	3,41	0,12	2,92	2,98	0,24
	8,5	3,95	0,12	2,96	2,92	0,24
NPK + obornik NPK + farmacyd manure	Korzeń; Root					
	0	0,95	0,23	2,11	0,59	0,09
	8,5	1,13	0,26	2,43	0,59	0,09
	17,0	1,05	0,23	2,27	0,59	0,10
	25,5	1,06	0,23	2,36	0,59	0,09
	Nać; Top leaves					
	0	2,85	0,11	2,84	2,95	0,31
	8,5	3,71	0,13	3,04	2,92	0,22
NPK + wapno NPK + lime	Korzeń; Root					
	0	1,12	0,23	2,13	0,59	0,10
	8,5	1,01	0,23	2,22	0,59	0,10
	17,0	1,09	0,22	2,30	0,59	0,10
	25,5	1,04	0,22	2,49	0,63	0,09
	Nać; Top leaves					
	0	3,46	0,12	2,515	2,97	0,25
	8,5	2,97	0,11	2,747	2,95	0,25
17,0	2,73	0,13	2,407	2,87	0,22	
25,5	3,92	0,14	2,636	2,86	0,21	

Zanieczyszczenie gleby kadmem wywierało częściowo wpływ na zawartość makroelementów w korzeniach i naci marchwi (tab. 5). Wraz ze zwiększeniem zanieczyszczenia gleby kadmem następował w korzeniach marchwi dość wyraźny wzrost zawartości potasu i częściowo azotu. W przypadku naci, pod wpływem tego zanieczyszczenia, odnotowano wzrost zawartości fosforu i jednocześnie spadek koncentracji magnezu.

## Wnioski

1. Zanieczyszczenie gleby kadmem w ilości 8,5–25,5 mg Cd·kg<sup>-1</sup> gleby spowodowało niewielkie obniżenie plonu korzeni i naci marchwi. Zastosowanie obornika i wapna nieznacznie podwyższyło plon marchwi, ale nie eliminowało negatywnego wpływu kadmu na jego wielkość.
2. Skazenie gleby kadmem doprowadziło do blisko 5-krotnego wzrostu zawartości tego pierwiastka w korzeniach i naci marchwi. Najwyższą zawartość kadmu w obu organach marchwi odnotowano przy średnim poziomie zanieczyszczenia – 17 mg Cd·kg<sup>-1</sup> gleby.
3. Dodatkowe nawożenie obornikiem, jak też wapnowanie gleby znacznie ograniczyło akumulację kadmu w marchwi. Ograniczenie to wynosiło w obiektach z obornikiem 24% – tak w korzeniach jak i naci, a w serii z wapnem – 33% w korzeniach i 20% w naci.

## Literatura

CIEĆKO Z., WYSZKOWSKI M., ŻOŁNOWSKI A. 1995. *Ocena wpływu kory drzewnej i torfu oraz wapnowania na pobieranie kadmu przez owies i kukurydzę*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 603–609.

FIC M. 1987. *Adsorptions – und Desorptions – Verhalten von Cadmium, Chromium und Zink an ausgewählten Böden und Sanden*, Ph. D. Thesis, Christian-Albrechts-Universität: 99.

GAMBUŚ F.I., GORLACH E. 1996. *Wpływ obornika, słomy i węgla brunatnego na fitoprzyswajalność metali ciężkich*. Zesz. Nauk AR Szczecin 172. Rolnictwo 62: 131–137.

GORLACH E. 1994. *Phytoavailability of heavy metals as affected by liming and plant species*. Pol. J. Soil Sci. XXVII: 59–67.

KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wydawn. Naukowe PWN, Warszawa: 398 ss.

MORAL R., PALACIOS G., GOMEZ I., NAWARRO-PEDRENO J., MATAIX J. 1994. *Distribution and accumulation of heavy metals (Cd, Ni and Cr) in tomato plant*. Fresenius Envir. Biul. 3: 395–399.

SAPEK B. 1991. *Wpływ wapnowania na zawartość i pobranie kadmu i ołowiu przez roślinność łąki trwałej*. Roczn. Glebozn. XLII(3/4): 223–228.

WOŹNY A., STROIŃSKI A., GWÓŹDŹ E. 1990. *Plant cell responses to cadmium*. Uniw. AM, Poznań: 29.

**Słowa kluczowe:** marchew, gleba, kadm, obornik, wapno

## Streszczenie

Badania oparto na doświadczeniu wazonowym z marchwią jadalną, które obejmowało trzy serie: 1) z nawożeniem NPK, 2) z nawożeniem NPK + obornik,

3) z nawożeniem NPK + wapno. W obrębie przyjętych serii porównywano cztery obiekty o różnym zanieczyszczeniu gleby kadmem. Zanieczyszczenie to wynosiło: 0, 8,5, 17,0 i 25,5 mg Cd·kg<sup>-1</sup> gleby. Zanieczyszczenie gleby kadmem obniżyło plon korzeni i naci marchwi w zakresie 10–12%. Zastosowanie obornika jak i wapna nie eliminowało negatywnego wpływu kadmu na wielkość plonu. Skażenie gleby kadmem doprowadziło do blisko 5-krotnego wzrostu zawartości tego pierwiastka w korzeniach i naci marchwi. Najwyższą zawartość kadmu w obu organach marchwi odnotowano przy średnim poziomie zanieczyszczenia gleby – wynoszącym 17 mg Cd·kg<sup>-1</sup> gleby. Dodatkowe nawożenie obornikiem, jak też wapnem, znacznie ograniczyło akumulację kadmu w marchwi.

## INFLUENCE OF SOIL POLLUTION WITH CADMIUM ON YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE CARROT

Zdzisław Ciećko, **Rafał Rzoska**, Elżbieta Rolka, Marcin Harnisz

Department of Environmental Chemistry,  
University of Warmia and Mazury, Olsztyn

Key words: carrot, soil, cadmium, farmyard manure, lime

### Summary

The study included a pot experiment with edible carrot. The experiment consisted of three tests series: 1) with NPK fertilization, 2) with NPK + farmyard manure fertilization, 3) with NPK fertilization + liming. Four objects of different cadmium contamination were compared in each series. The contamination rates were as follows: 0, 8.5, 17.0 and 25.5 mg Cd·kg<sup>-1</sup> soil. Soil contamination with cadmium depressed the yield of carrot roots and leaves by 10 to 12%. Fertilization with farmyard manure or liming did not eliminate the negative influence of cadmium on the volume of yield. As a result of cadmium contamination of soil, the cadmium content in roots and leaves of carrots increased nearly 5-fold. The highest cadmium content in both parts of the crop was observed at the medium level of soil contamination, i.e. 17 mg Cd·kg<sup>-1</sup> soil. Farmyard manure fertilization and liming reduced considerably the accumulation of cadmium in carrot.

Prof. dr hab. Zdzisław Ciećko  
Katedra Chemii Środowiska  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski  
Plac Łódzki 4  
10-718 OLSZTYN  
e-mail: anzol@moskit.uwm.edu.pl