

WOJCIECH TYKSIŃSKI, JOANNA KURDUBSKA

RÓŻNICE ODMIANOWE W AKUMULACJI KADMU I OŁOWIU PRZEZ RZODKIEWKĘ (*RAPHANUS SATIVUS* L.)

*Z Katedry Nawożenia Roślin Ogrodniczych
Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu*

ABSTRACT. Plants show a different ability in the uptake and accumulation of heavy metals. A differentiated ability of heavy metal accumulation occurs between species and cultivars. Among the radish cultivars grown in autumn, 'Opolanka' and 'Rowa' were characterized by the least content of cadmium and lead. In the spring cultivation, 'Rowa' cv. contained the least amount of cadmium, while 'Rowa' and 'Krasa' showed the least amount of lead.

Key words: cadmium, lead, cultivars, radish

Wstęp

Rośliny warzywne uprawiane w glebach i podłożach zanieczyszczonych metalami ciężkimi gromadzą nadmierne ilości tych metali, co pogarsza ich jakość. W celu ograniczenia dostępności metali ciężkich wykorzystuje się różnego rodzaju zabiegi agrotechniczne, których skuteczność jest ograniczona. Jednym ze sposobów ograniczenia zawartości metali ciężkich w warzywach jest wyselekcjonowanie odmian o małej (mniejszej) zdolności do akumulacji tych metali.

Celem pracy było wykazanie różnic w akumulacji kadmu i ołowiu między wybranymi odmianami rzodkiewki uprawianej wiosną i jesienią.

Material i metody

Doświadczenia wazonowe z rzodkiewką prowadzono w szklarni jesienią w latach 1998-2000 oraz wiosną w latach 1999-2001. Jesienią uprawiano odmiany: 'Opolanka', 'Rowa', 'Saxa', 'Silesia' i 'Warta'. Wiosną uprawiano odmiany: 'Krakowianka', 'Krasa', 'Mila', 'Rowa', 'Saxa'.

Rocz. AR Pozn. CCCLVI, Ogrodn. 37: 209-215

© Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań 2004
PL ISSN 0137-1738

Nasiona wysiewano bezpośrednio do pojemników o objętości 3 dm³. Podłoże stanowiła mieszanina gleby mineralnej z torfem wysokim w stosunku obj. 1:1. Gleba o składzie piasku gliniastego lekkiego pochodziła ze Złotnik k. Poznania, a torf z Gryfic. Na podstawie krzywej neutralizacji podłoże zwapnowano, stosując 8 g CaCO₃ na dm³. Po tygodniu do podłoża dodano makro- i mikroelementy oraz kadm i ołów, stosowane łącznie. Zastosowano 150 mg N, 75 mg P, 200 mg K, 97 mg Mg · dm⁻³ podłoża oraz mikroelementy w postaci Polichelatu LS-7 w ilości 0,1 g · dm⁻³. Kadm zastosowano w postaci CdSO₄ · 8H₂O w dawkach: 0; 2; 5; 10 i 25 mg Cd · dm⁻³, a ołów w postaci (CH₃COO)₂Pb · 3H₂O w dawkach 0; 10; 50; 100 i 150 mg Pb · dm⁻³. Kombinacje doświadczeń składały się z 4 powtórzeń; powtórzenie stanowił pojemnik z 24 roślinami. W okresie wegetacji rośliny dokarmiano 1 raz: 40 mg N, 20 mg P, 50 mg K, 10 mg Mg · dm⁻³ podłoża.

Zbiór roślin dokonywano jednorazowo. Zgrubienia rzodkiewki po umyciu pod bieżącą wodą i osuszeniu bibułą ważono, rozdrobniono w mikserze i suszono w temp. 50°C, a następnie mielono w młynku laboratoryjnym.

Nawózka materiału roślinnego wynosiła 1,25 g. Mineralizowano ją w temp. 450°C i dopalano z 5-procentowym roztworem NH₄NO₃. Popiół rozpuszczono w 10-procentowym HCl, przenoszono ilościowo do kolbek o pojemności 25 cm³, uzupełniając wodą destylowaną do kreski. Oznaczenia kadmu i ołowiu wykonywano bezpośrednio w roztworze metodą ASA na aparacie AAS-3 firmy Zeissa. Ocenę przydatności oznaczeń przeprowadzono przy wykorzystaniu certyfikowanego materiału roślinnego Cl-1 Cabbage Leaves.

Wyniki

A. Rzodkiewka uprawiana w kombinacjach kontrolnych

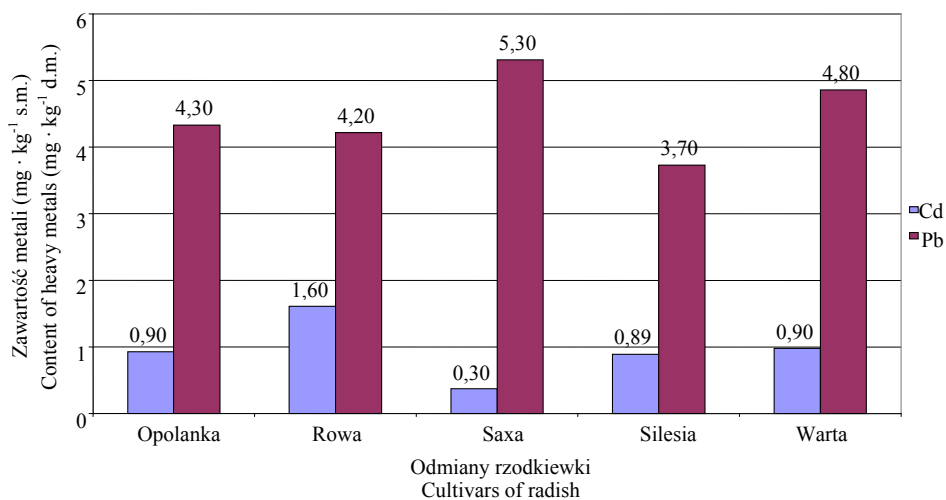
Wyniki przedstawione na ryc. 1 i 2 dają obraz zawartości Cd i Pb w zgrubieniach odmian rzodkiewki uprawianych w kombinacjach kontrolnych, czyli w podłożu, do którego nie dodano Cd i Pb.

Najmniejszą zawartością kadmu w uprawie jesiennej (ryc. 1) charakteryzowała się odmiana 'Saxa', w przeciwieństwie do odmiany 'Rowa', która akumulowała go najwięcej, ponad czterokrotnie więcej od 'Saxy'. Najmniej ołowiu gromadziła odmiana 'Silesia', a najwięcej odmiana 'Saxa'.

W uprawie wiosennej (ryc. 2) wszystkie odmiany rzodkiewki gromadziły więcej kadmu i ołowiu, niż odmiany tej rośliny uprawiane jesienią. Zawartość Cd w zgrubieniach wszystkich odmian rzodkiewki była zbliżona. Najmniejszą zawartością Pb charakteryzowały się odmiany 'Krakowianka' i 'Rowa'.

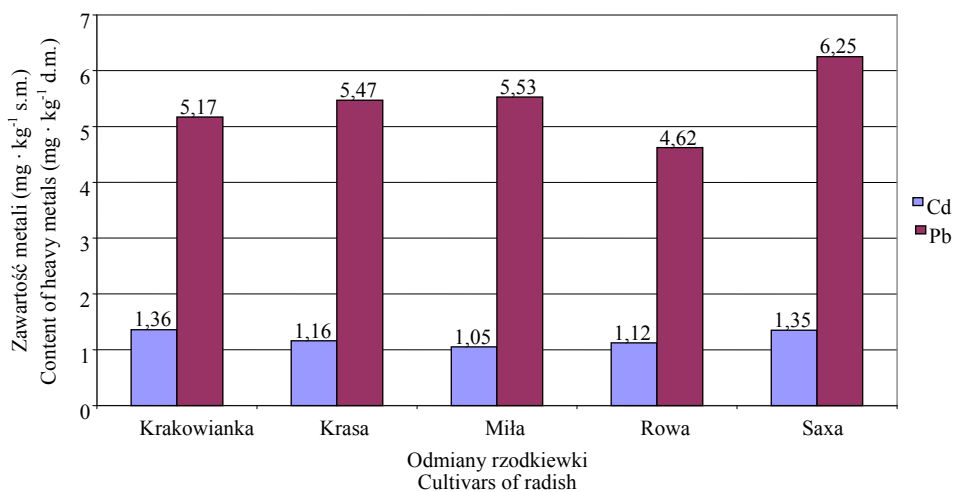
B. Rzodkiewka uprawiana we wszystkich kombinacjach doświadczeń

JESIENŃ. Zwiększaniem dawkom Cd w podłożu odpowiadało zwiększanie zawartości tego metalu w roślinach (tab. 1). Zakres średniej zawartości dla odmian wynosił od 4,68 do 6,21 mg Cd · kg⁻¹ s.m. Najmniejszą zdolnością akumulacji charakteryzowała się rzodkiewka odmiany 'Opolanka' i 'Rowa', istotnie mniejszą niż pozostałe odmiany.



Ryc. 1. Zawartość Cd i Pb w zgrubieniach odmian rzodkiewki w kombinacjach kontrolnych uprawy jesiennej – średnia dla lat 1998-2000

Fig. 1. The Cd and Pb content in colosities of radish in control combinations of autumn cultivation – mean values for years 1998-2000



Ryc. 2. Zawartość Cd i Pb w zgrubieniach odmian rzodkiewki w kombinacjach kontrolnych uprawy wiosennej – średnia dla lat 1999-2001

Fig. 2. The Cd and Pb content in colosities of radish in control combinations of spring cultivation – mean values for years 1999-2001

Zwiększonym dawkom Pb w podłożu odpowiadało zwiększanie zawartości tego metalu w zgrubieniach rzodkiewki (tab. 2).

Zakres średniej zawartości Pb dla odmian wynosił 10,62-12,17 mg Pb · kg⁻¹ s.m. Odmiany 'Opolanka' i 'Rowa' charakteryzowały się najmniejszą zdolnością do gromadzenia tego metalu w zgrubieniach, istotnie mniejszą od pozostałych odmian.

Tabela 1

Zawartość kadmu w zgrubieniach odmian rzodkiewki uprawianych jesienią – średnie dla lat 1998-2000 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)
The cadmium content in collosities of radish cultivars grown in autumn – mean values for years 1998-2000 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.m.)

Dawka Dose $\text{Cd mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	Odmiany – Cultivars					Średnia Mean
	Opolanka	Rowa	Saxa	Silesia	Warta	
0	0,93 ab*	1,61 bc	0,37 a	0,89 ab	0,98 ab	0,96 A*
2	1,87 b-d	1,88 b-d	2,83 de	2,00 cd	2,27 cd	2,17 B
5	5,39 fg	3,48 e	5,90 fg	4,97 f	5,74 fg	5,10 C
10	6,91 h	6,32 gh	9,07 j	8,65 ij	7,98 i	7,79 D
25	9,13 j	10,10 k	11,60 l	14,54 n	12,50 m	11,57 E
Średnia Mean	4,85 A*	4,68 A	5,95 B	6,21 B	5,89 B	

*wartości oznaczone tą samą literą, nie różnią się statystycznie przy $\alpha = 0,05$.

*values indicated by the same letters are not significantly at $\alpha = 0.05$.

Tabela 2

Zawartość ołowiu w zgrubieniach odmian rzodkiewki uprawianych jesienią – średnie dla lat 1998-2000 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)
The lead content in collosities of radish cultivars grown in autumn – mean values for years 1998-2000 ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.m.)

Dawka Dose $\text{Pb mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	Odmiany – Cultivars					Średnia Mean
	Opolanka	Rowa	Saxa	Silesia	Warta	
0	4,33 ab*	4,22 ab	5,31 a-d	3,73 a	4,86 a-c	4,49 A*
10	6,75 d	5,69 b-d	6,19 cd	4,85 a-c	5,14 a-c	5,73 B
50	9,36 e	10,61 ef	11,50 f	9,78 e	11,42 f	10,54 C
100	14,87 g	14,70 g	18,89 i	16,42 h	14,44 g	15,86 D
150	18,98 i	17,90 i	18,96 i	24,50 j	23,82 j	20,83 E
Średnia Mean	10,86 A*	10,62 A	12,17 B	11,85 B	11,94 B	

*wartości oznaczone tą samą literą, nie różnią się statystycznie przy $\alpha = 0,05$.

*values indicated by the same letters are not significantly at $\alpha = 0.05$.

WIOSNA. Kolejnym dawkom Cd odpowiadało zwiększenie zawartości tego metalu w zgrubieniach (tab. 3).

Wszystkie odmiany rzodkiewki różniły się istotnie zdolnością do gromadzenia Cd w zgrubieniach. Najmniejszą średnią zawartością tego metalu charakteryzowała się odmiana 'Rowa', a największą odmiana 'Krakowianka'.

Zwiększonym dawkom Pb w podłożu odpowiadało zwiększanie zawartości tego metalu w zgrubieniach odmian rzodkiewki (tab. 4).

Tabela 3
Zawartość kadmu w zgrubieniach odmian rzodkiewki uprawianych wiosną – średnie dla lat 1999-2001 (mg · kg⁻¹ s.m.)
The cadmium content in collosities of radish cultivars grown in spring – mean values for years 1999-2001 (mg · kg⁻¹ d.m.)

Dawka Dose Cd mg · dm ⁻³	Odmiany – Cultivars					Średnia Mean
	Krako- wianka	Krasa	Mila	Rowa	Saxa	
0	1,35 a*	1,16 a	1,05 a	1,12 a	1,35 a	1,21 A*
2	5,04 c	4,59 c	5,52 c	3,31 b	4,67 c	4,63 B
5	8,52 e	7,06 d	9,37 ef	5,21 c	7,17 d	7,47 C
10	14,85 i	10,38 f	13,84 hi	9,43 ef	11,61 g	12,02 D
25	22,22 l	16,91 j	18,82 k	12,84 h	19,67 k	18,09 E
Średnia Mean	10,40 E*	8,02 B	9,72 D	6,38 A	8,89 C	

*wartości oznaczone tą samą literą, nie różnią się statystycznie przy $\alpha = 0,05$.

*values indicated by the same letters are not significantly at $\alpha = 0.05$.

Tabela 4
Zawartość ołowiu w zgrubieniach odmian rzodkiewki uprawianych wiosną – średnie dla lat 1999-2001 (mg · kg⁻¹ s.m.)
The lead content in collosities of radish cultivars grown in spring – mean values for years 1999-2001 (mg · kg⁻¹ d.m.)

Dawka Dose Pb mg · dm ⁻³	Odmiany – Cultivars					Średnia Mean
	Krako- wianka	Krasa	Mila	Rowa	Saxa	
0	5,17 a*	5,47 ab	5,53 ab	4,62 a	6,25 b	5,41 A*
10	8,81 d	6,27 b	8,30 cd	7,55 c	8,20 cd	7,83 B
50	13,21 f	10,15 e	9,70 e	10,04 e	13,31 f	11,28 C
100	16,03 h	14,75 g	15,24 gh	13,42 f	15,78 h	15,04 D
150	20,59 k	17,38 i	19,05 j	17,60 i	19,32 j	18,79 E
Średnia Mean	12,76 C*	10,80 A	11,57 B	10,65 A	12,57 C	

*wartości oznaczone tą samą literą, nie różnią się statystycznie przy $\alpha = 0,05$.

*values indicated by the same letters are not significantly at $\alpha = 0.05$.

Zakres średniej zawartości Pb dla odmian wynosił 10,65-12,76 mgPb · kg⁻¹ s.m. Odmiany 'Krasa' i 'Rowa' gromadziły istotnie mniej tego metalu niż pozostałe odmiany, zwłaszcza 'Krakowianka' i 'Saxa'.

Dyskusja

Dopuszczalny poziom Cd i Pb dla rzodkiewki wynosi 0,08 mg Cd i 0,10 mg Pb · kg⁻¹ świeżej masy (Dz. Ust. 2003). Przy założeniu 10-procentowej zawartości wody w zgrubieniach, odpowiada to zawartościom 0,8 mg Cd i 1,0 mg Pb · kg⁻¹ suchej masy.

Analizując zawartość Cd i Pb w zgrubieniach rzodkiewki uprawianej w kombinacjach kontrolnych stwierdzono, że tylko odmiana 'Saxa' w uprawie jesiennej charakteryzowała się zawartością Cd niższą od dopuszczalnej. Pozostałe odmiany zarówno w uprawie jesiennej, jak i wiosennej charakteryzowała zawartość Cd i Pb przekraczająca dopuszczalną. Duże zawartości Cd i Pb uzyskano w rzodkiewce uprawianej w kombinacjach kontrolnych, zawierających w podłożu naturalną ilość metali (gleba mineralna 0,04 mg Cd i 3,22 mg Pb oraz torf 0,02 mg Cd i 0,67 mg Pb · dm⁻³).

Jasiewicz (1993) wykazała, że rzodkiewka uprawiana w glebie zawierającej 1,02 mg Cd · kg⁻¹ gleby gromadziła w zgrubieniach 2,0 mg Cd · kg⁻¹ s.m. Również **Jurkowska i in.** (1999) dowodzą, że rzodkiew oleista, szpinak i buraki ćwikłowe uprawiane w glebie z naturalną zawartością metali (0,6 mg Cd i 20 mg Pb · kg⁻¹ gleby) gromadziły w częściach jadalnych Cd i Pb w ilościach dyskwalifikujących je z konsumpcji. Jako naturalne zawartości Cd i Pb dla gleb Polski **Kabata-Pendias i Pendias** (1993) uznają gleby zawierające 0,3-1,0 mg Cd i 30-70 mg Pb · kg⁻¹ gleby w zależności od jej rodzaju. Wg **Terelaka i in.** (1997) średnia naturalna zawartość Cd i Pb w glebach Polski wynosi 0,21 mg Cd i 13,6 mg Pb · kg⁻¹ gleby.

Z przytoczonej literatury i omawianych wyników widać wyraźnie, że nawet przy zawartości metali w podłożu mieszczącej się w granicach zawartości naturalnej, dochodzi do przekroczenia dopuszczalnej ustawowo zawartości metali w roślinach. Potwierdzają to również badania **Curyły i Jasiewicz** (1998) prowadzone na marchwi i selerze oraz **Gawędy** (1996) na sałacie i rzodkiewce.

Wnioski

1. Odmiany rzodkiewki uprawiane jesienią akumulowały mniej kadmu i ołowiu niż uprawiane wiosną.

2. W zgrubieniach rzodkiewki odmiany 'Saxa', uprawianej jesienią, zawartość kadmu w kombinacji kontrolnej nie przekroczyła dopuszczalnego poziomu 0,8 mg Cd · kg⁻¹ suchej masy. Pozostałe odmiany uprawiane jesienią oraz wszystkie odmiany uprawiane wiosną charakteryzowały się przekroczeniem zawartości dopuszczalnej ustawowo. Wszystkie odmiany rzodkiewki uprawiane w kombinacjach kontrolnych jesienią i wiosną charakteryzowały się przekroczeniem dopuszczalnej zawartości ołowiu.

3. Analizując średnie zawartości kadmu i ołowiu w rzodkiewce dla wszystkich poziomów tych metali stwierdzono, że z odmian rzodkiewki uprawianych jesienią – 'Opo-

lanka' i 'Rowa' charakteryzowały się najmniejszą zawartością tych metali. W uprawie wiosennej odmiana 'Rowa' charakteryzowała się najmniejszą zawartością kadmu, odmiany 'Rowa' i 'Krasa' – najmniejszą zawartością ołowiu.

Literatura

- Curyło T., Jasiewicz Cz.** (1998): Wpływ różnych nawozów organiczno-mineralnych na pobieranie metali ciężkich przez warzywa. Roczn. AR Pozn., CCCIV, Ogrodn. 27: 39-49.
Dz. Ust. Nr 37 z dnia 4 marca 2003, Rozporządzenie nr 327.
- Gawęda M.** (1996): Ograniczenie zawartości ołowiu w warzywach – wybór odmian. W: Mat. VI Ogólnopolskiego Zjazdu Hodowców Roślin Ogrodniczych „Hodowla roślin o podwyższonej jakości”: 224-246.
- Jasiewicz Cz.** (1993): Wpływ wzrastających dawek Cd na plon i zawartość tego metalu w niektórych warzywach. Acta Agr. Silv. S. Agr., XXXI: 64-69.
- Jurkowska H., Rogóż A., Wojciechowska T.** (1999): Różnice międzygatunkowe i międzyodmianowe zawartości pierwiastków śladowych w roślinach. Cz. I Ołów, kadm, nikiel, chrom i glin. Acta Agr. Silv. S. Agr., XXXVII: 87-95.
- Kabata-Pendias A., Pendias H.** (1993): Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- Terelak H., Stuczyński T., Piotrowska M.** (1997): Metale ciężkie w glebach użytków rolniczych Polski. W: Mat. Konf. Naukowej „Ochrona i wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski”. JUNG Puławy, sesja I i II: 135-142.

DIFFERENCES IN CADMIUM AND LEAD ACCUMULATION BY RADISH DEPENDING ON THE CULTIVAR

S u m m a r y

Pot experiments with radish were carried out in autumn in the years 1998-2000 ('Opolanka', 'Rowa', 'Saxa', 'Silesia' and 'Warta' cultivars) and in spring 1999-2000 ('Krakowianka', 'Krasa', 'Mila', 'Rowa' and 'Saxa' cv.). Cadmium was applied in the doses: 0; 2; 5; 10 and 25 mg Cd · dm⁻³; lead was used in the doses: 0; 10; 50; 100; 150; mg Pb · dm⁻³. Cadmium and lead were applied together. Two radish cultivars grown in autumn ('Opolanka' and 'Rowa') were characterized by the least content of cadmium and lead. In the spring cultivation, the 'Rowa' cv. showed the least content of cadmium and 'Rowa' and 'Krasa' had the least content of lead. The radish cultivars grown in autumn accumulated less cadmium and lead than those grown in spring.