

ZRÓŻNICOWANA ZAWARTOŚĆ KADMU I OŁOWIU
W OWOCACH POMIDORA SZKLARNIOWEGO UPRAWIANEGO
W PODŁOŻACH OGRODNICZYCH

Maciej Bosiacki, Wojciech Tyksiński

Katedra Nawożenia Roślin Ogrodniczych, Akademia Rolnicza
ul. Zgorzelecka 4, 60-198 Poznań
e-mail: knaw@au.poznan.pl

Streszczenie. Celem prowadzonych badań było stwierdzenie, jakie ilości kadmu i ołowiu przechodzą do owoców pomidora, oraz porównanie zawartości tych metali w owocach pierwszego i trzeciego grona pomidora. Rośliny pomidora odmiany 'Recento' uprawiano w pojemnikach 10 dm³, w podłożach ogrodniczych z dodatkiem różnych substratów organicznych. Do tych podłoży wprowadzono badane metale w ilości: 0, 2,5 i 10 Cd mg·dm⁻³ oraz 0, 25, 100 Pb mg·dm⁻³. Przeprowadzone badania wykazały istotne różnice zawartości kadmu i ołowiu w owocach pierwszego i trzeciego grona pomidora oraz w owocach zbieranych z roślin uprawianych w różnych podłożach ogrodniczych. Najmniejsze ilości metali stwierdzono w owocach trzeciego grona pomidora oraz owocach roślin uprawianych w podłożach z dodatkiem węgla brunatnego.

Słowa kluczowe: kadm, ołów, pomidor, podłoża ogrodnicze

WSTĘP

Zanieczyszczenie gleb, podłoży, kadmem i ołowiem przyczynia się do pobierania tych metali przez rośliny. Często odpowiedzią na wzrost ich zawartości w środowisku jest większa zawartość kadmu i ołowiu w roślinach [3,4]. Od wielu lat prowadzone są badania nad zawartością metali ciężkich w częściach jadalnych warzyw. Wielu autorów stwierdza przekroczenie dopuszczalnych zawartości kadmu i ołowiu w częściach jadalnych warzyw. Prowadzone są również badania nad przemieszczaniem się kadmu i ołowiu w tkankach, organach roślinnych. Celem podjętych badań prowadzonych w latach 1999-2001 było ustalenie zawartości kadmu i ołowiu w owocach pierwszego i trzeciego grona pomidora, uprawianego w podłożach ogrodniczych z dodatkiem różnych substratów organicznych.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia wazonowe z pomidorem odmiana 'Recento' przeprowadzono w szklarni nieogrzewanej w sezonach wiosenno-letnich w trzech latach: 1999, 2000 oraz 2001 w Gospodarstwach Doświadczalnych Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu: Stacji Doświadczalnej „Ogrody” w 1999 roku; Stacji Doświadczalnej „Marcelin” w 2000 i 2001 roku. Pomidora uprawiano w pojemnikach (10 dm^3) w następujących podłożach, które stanowiły mieszaninę gleby mineralnej (piasek słabo gliniasty) z: węglem brunatnym, trocinami sosnowymi, słomą pszenną i korą sosnową. Substancję organiczną dodano do gleby mineralnej tylko w pierwszym roku doświadczeń w ilości 30% objętości. Pojemniki z dodatkiem substancji organicznej, w których prowadzono doświadczenia wegetacyjne w drugim i trzecim roku przetrzymywano w szklarni nieogrzewanej. Dawki CaCO_3 ustalono na podstawie krzywych neutralizacji aby uzyskać pH podłoża w przedziale 6,5-7,0. Do tak przygotowanych podłoży wprowadzono ołów w następujących dawkach 0; 25 i $100 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ i kadm w dawkach 0; 2,5 i $10 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Ołów w postaci octanu ołowiu, kadm w postaci siarczynu kadmu oraz makroskładniki i mikroskładniki dodawano w takiej samej ilości każdorazowo w poszczególnych latach na tydzień przed wysadzeniem rozsady pomidora. Makroskładniki doprowadzono do następujących poziomów ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): 200 N – KNO_3 ; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$; 100 P – KH_2PO_4 ; 250 K – KH_2PO_4 ; KNO_3 ; 135 Mg – $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Magnezu nie dodawano do gleby mineralnej z dodatkiem węgla brunatnego, ponieważ podłoże to zawierało dużą ilość magnezu. Ołów, kadm oraz makroskładniki wprowadzono do podłoża w postaci odczynników chemicznie czystych w roztworach. Mikroskładniki dodawano w ilości $0,2 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ do podłoża w postaci Polichelatu LS-7 produkcji Instytutu Nawozów Sztucznych w Puławach.

Nasiona pomidora wysiewano w skrzynki o wymiarach $30 \times 48 \times 8 \text{ cm}$ w trzeciej dekadzie marca każdego roku badań. Do wysiewu zastosowano torf wysoki Nowego Chwalimia z dodatkiem nawozu wieloskładnikowego Fertisal, w ilości 1,5 grama na litr podłoża oraz 8 gramami CaCO_3 (odczynnik cz.d.a.) na litr podłoża. Po trzech tygodniach od wysiewu siewki pomidora pikowano do doniczek o pojemności $0,25 \text{ dm}^3$. Do pikowania zastosowano ten sam torf wysoki, do którego dodano składniki pokarmowe w postaci nawozu wieloskładnikowego Fertisal w ilości 2 g na litr podłoża i 8 g CaCO_3 na litr podłoża. Po dwóch tygodniach od pikowania, rozsady pomidora wysadzano do pojemników. Pojemniki napełniano uprzednio przygotowanym podłożem i sadzono po jednej roślinie do pojemnika. Pomidory prowadzono na jeden pęd, na trzy grona. Terminy likwidacji doświadczeń: 23 sierpnia 1999, 28 sierpnia 2000, 3 sierpnia 2001.

Po zbiorach owoce pomidora wysuszono i zhomogenizowano a następnie powietrznie suchy materiał roślinny w ilości 2,5 g przeniesiony został do tygli por-

celanowych i poddany mineralizacji w piecu do spalania LINN, Elektro Therm, w temperaturze 450°C. Zawartość kadmu i ołowiu oznaczono metodą absorpcji atomowej spektrofotometrem AAS-3 firmy Zeiss. Ocenę precyzyjności i dokładności oznaczeń przeprowadzono przy wykorzystaniu certyfikowanego materiału roślinnego Cl-1 CABBAGE LEAVES.

WYNIKI

Celem powyższych badań z pomidorem uprawianym w różnych podłożach ogrodniczych było stwierdzenie, jakie ilości kadmu i ołowiu przechodzą do części jadalnej tej rośliny oraz porównanie ilości tych metali w pierwszym i trzecim gronie pomidora. Stwierdzono statystycznie istotne różnice zawartości obydwu metali w poszczególnych gronach pomidora (tab. 1 i 2). We wszystkich owocach trzeciego grona pomidora stwierdzono mniejsze ilości kadmu i ołowiu w porównaniu do zawartości tych metali w owocach pierwszego grona. W owocach pierwszego grona zawartość ołowiu była średnio o 26% większa a kadmu o 68% większa niż w owocach trzeciego grona pomidora. Przyjmując za 100% średnią zawartość kadmu i ołowiu w owocach pierwszego grona pomidora, rosnącego w poszczególnych podłożach niezależnie od dawek stwierdzono zmniejszenie ilości tych metali w owocach trzeciego grona pomidora o (odpowiednio):

- 17 i 35% – gleba mineralna bez dodatku substancji organicznej,
- 14 i 41% – gleba mineralna z dodatkiem węgla brunatnego,
- 23 i 43% – gleba mineralna z dodatkiem trocin sosnowych,
- 27 i 45% – gleba mineralna z dodatkiem słomy pszennej,
- 20 i 41% – gleba mineralna z dodatkiem kory sosnowej.

Najwięcej kadmu i ołowiu stwierdzono w owocach pomidora, który uprawiany był w glebie mineralnej bez dodatku substancji organicznej. Najmniejsze zawartości kadmu i ołowiu stwierdzono w owocach pomidora, uprawianego w podłożu stanowiącym mieszaninę gleby mineralnej z węglem brunatnym.

Zaobserwowano zwiększanie ilości ołowiu i kadmu w owocach pierwszego i trzeciego grona wraz ze wzrostem zawartości tych metali w podłożach. Wprowadzenie ołowiu w ilości 25 oraz 100 mg·dm⁻³ i kadmu w ilości 2,5 i 10 mg·dm⁻³ do gleby mineralnej spowodowało duży wzrost zawartości tych metali w owocach pierwszego i trzeciego grona. W owocach pierwszego grona pomidora uprawianego w podłożach z dawką 25 Pb i 2,5 Cd mg·dm⁻³ stwierdzono średnio wzrost ołowiu o 85% i wzrost kadmu, o 279% jeżeli przyjąć za 100% średnią zawartość tych metali w poszczególnych gronach rosnących w podłożach bez dodatku metali oraz o 307% wzrost ołowiu i o 1097% wzrost kadmu w owocach uprawianych w podłożach z dawką 100 Pb i 10 Cd mg·dm⁻³. W owocach trzeciego grona pomidora uprawianego w podłożach z dawką 25 Pb i 2,5 Cd mg·dm⁻³ stwierdzono średnio 87% wzrost

Tabela 1. Zawartość kadmu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) w owocach pomidora po zakończeniu doświadczeń
Table 1. Cadmium content ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) in the fruits of tomato after the termination of experiments

Podłoża Substrates	Dawki Doses Cd ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)	Grono pomidora Bunch of tomato		Średnia Mean A-C	Średnia Mean A
		I	III		
Gleba min. (psg)	0	0,42	0,27	0,35	
	2,5	2,04	1,49	1,77	2,09
Mineral soil (LS)	10,0	5,12	3,17	4,15	
Średnia – Mean A-B		2,53	1,64		
	0	0,15	0,06	0,11	
psg + węgiel	2,5	0,80	0,29	0,54	0,98
LS + brown coal	10,0	2,73	1,82	2,28	
średnia (mean) A-B		1,23	0,72		
	0	0,38	0,17	0,27	
psg + trociny	2,5	1,00	0,74	0,87	1,41
LS + sawdust	10,0	4,04	2,17	3,10	
Średnia – Mean A-B		1,81	1,03		
	0	0,36	0,21	0,28	
psg + słoma	2,5	1,57	0,94	1,25	1,60
LS + straw	10,0	4,27	2,29	3,28	
Średnia – Mean A-B		2,06	1,14		
	0	0,37	0,18	0,28	
psg + kora	2,5	1,08	0,89	0,98	1,50
LS + bark	10,0	4,18	2,26	3,22	
Średnia – Mean A-B		1,88	1,11		
Średnia – Mean B		1,90	1,13		
		Dawka – Dose 0 Cd (I-III) 0,26	Dawka Dose 2,5 Cd (I-III) 1,08	Dawka – Dose 10,0 Cd (I-III) 3,21	
Średnia Mean C					
		Dawka – Dose 0 Cd I * 0,34 III 0,18	Dawka Dose 2,5 Cd I 1,29 III 0,87	Dawka – Dose 10,0 Cd I 4,07 III 2,34	
Średnia Mean B-C					

* grono pomidora / bunch of tomato: I, III,

NIR_{0,05} dla A – podłoża / LSD_{0,05} substrates = 0,145,

NIR_{0,05} dla B – grona / LSD_{0,05} bunch of tomato = 0,091,

NIR_{0,05} dla C – dawki / LSD_{0,05} doses = 0,112,

NIR_{0,05} dla A-B – podłoża-grona / LSD_{0,05} substrates-bunch of tomato = r.n.,

NIR_{0,05} dla B-C – grona-dawki / LSD_{0,05} bunch of tomato-doses = 0,158,

NIR_{0,05} dla A-C – podłoża-dawki / LSD_{0,05} substrates-doses = 0,251,

NIR_{0,05} dla A-B-C – podłoża-grona-dawki / LSD_{0,05} substrates-bunch of tomato-doses = 0,355.

Tabela 2. Zawartość ołowiu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) w owocach pomidora po zakończeniu doświadczeń
Table 2. Lead content ($\text{mg}\ \text{kg}^{-1}$) in the fruits of tomato after the termination of experiments

Podłoża Substrates	Dawki Doses Pb ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)	Grono pomidora Bunch of tomato		Średnia Mean A-C	Średnia A Mean A
		I	III		
Gleba min. (psg)	0 25	0,55 0,97	0,41 0,72	0,48 0,85	1,10
Mineral soil (LS)	100	2,08	1,85	1,97	
Średnia-Mean A-B		1,20	0,99		
psg + węgiel	0	0,20	0,16	0,18	0,58
LS + brown coal	25	0,53	0,44	0,49	
Średnia – Mean A-B	100	1,15	1,01	1,08	
psg + trociny	0	0,46	0,33	0,39	0,95
LS + sawdust	25	0,78	0,71	0,75	
Średnia – Mean A-B	100	1,97	1,41	1,70	
psg + słoma	0	0,43	0,35	0,39	0,81
LS + straw	25	0,75	0,51	0,63	
Średnia – Mean A-B	100	1,62	1,19	1,41	
psg + kora	0	0,46	0,34	0,40	0,88
LS + bark	25	0,76	0,59	0,68	
Średnia – Mean A-B	100	1,72	1,40	1,56	
Średnia – Mean B		0,96	0,76		
Średnia – Mean C	Dawka – Dose				
	0 Pb				
	(I-III)				
		0,37	0,68	1,54	
Średnia – Mean B-C	Dawka – Dose				
	0 Pb				
	I * 0,42				
		III 0,32	I 0,76	I 1,71	
			III 0,60	III 1,37	

* grono pomidora / bunch of tomato: I, III,

$\text{NIR}_{0,05}$ dla A– podłoża / $\text{LSD}_{0,05}$ substrates = 0,096,

$\text{NIR}_{0,05}$ dla B– grona / $\text{LSD}_{0,05}$ bunch of tomato = 0,061,

$\text{NIR}_{0,05}$ dla C– dawki / $\text{LSD}_{0,05}$ doses = 0,074,

$\text{NIR}_{0,05}$ dla A-B– podłoża-grona / $\text{LSD}_{0,05}$ substrates-bunch of tomato = r.n.,

$\text{NIR}_{0,05}$ dla B-C– grona-dawki / $\text{LSD}_{0,05}$ bunch of tomato-doses = 0,105,

$\text{NIR}_{0,05}$ dla A-C– podłoża-dawki / $\text{LSD}_{0,05}$ substrates-doses = 0,166,

$\text{NIR}_{0,05}$ dla A-B-C– podłoża-grona-dawki / $\text{LSD}_{0,05}$ substrates-bunch of tomato-doses = r.n.

ołowiu i 328% wzrost kadmu jeżeli przyjąć za 100% średnią zawartość tych metali w poszczególnych gronach rosnących w podłożach bez dodatku metali oraz 383% wzrost ołowiu i 1200% wzrost kadmu w owocach uprawianych w podłożach z dawką 100 Pb i 10 Cd mg·dm⁻³.

DYSKUSJA

Zawartość ołowiu w roślinach wahała się od 0,1 do 10 mg na kg s.m. [6]. Wielu autorów przychyliło się do poglądu, że przemieszczanie się ołowiu w tkankach roślinnych jest niewielkie [2,7]. W miarę wzrostu stężenia ołowiu w roztworze glebowym, zwiększała się jego zawartość w roślinach, przy czym metal ten kumulował się głównie w korzeniach. Do części nadziemnych docierał w mniejszych ilościach [10]. Powyższe doświadczenia z uprawą pomidora w podłożach ogrodniczych o różnej zawartości kadmu i ołowiu wykazały, że zmniejszała się zawartość badanych metali w trzecim gronie pomidora w porównaniu do ilości w owocach grona pierwszego. W owocach pierwszego grona pomidora uprawianego w podłożach kontrolnych bez dodatku metali zawartość ołowiu wahała się od 0,41 do 0,55 mg·kg⁻¹ (s.m) natomiast w owocach trzeciego grona od 0,20 do 0,16 mg·kg⁻¹ s.m. Bosiacki i Tyksiński [1] badając warzywa uprawiane pod osłonami (sałata, rzodkiewka, pomidor, papryka) stwierdzili najmniejsze zawartości ołowiu w owocach pomidora. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach określił zawartości krytyczne ołowiu służące do oceny roślin pod względem ich przydatności (w mg·kg⁻¹ s.m.):

- konsumpcyjna przydatność rośliny < 1,
- paszowa przydatność rośliny < 10,
- przemysłowa przydatność rośliny > 10 [6].

Średnia zawartość kadmu w roślinach wynosi 0,6 mg·kg⁻¹, chociaż występuje bardzo szeroki zakres zawartości tego pierwiastka u poszczególnych gatunków roślin, uprawianych w tych samych warunkach glebowych. Występuje wówczas zróżnicowana zawartość Cd nawet pomiędzy częściami roślin [5]. Do roślin kumulujących:

- małe ilości kadmu, należą: groch, fasola szparagowa,
- umiarkowane ilości kadmu, należą: marchew, kapusta,
- duże ilości kadmu, należą: por, rzodkiewka,
- bardzo duże ilości kadmu, należą: sałata, seler naciowy, szpinak [8].

W niniejszych badaniach w owocach pierwszego grona pomidora uprawianych w podłożach kontrolnych bez dodatku metali zawartość kadmu wahała się od 0,15 do 0,42 mg·kg⁻¹ (s.m) natomiast w owocach trzeciego grona od 0,27 do 0,06 mg·kg⁻¹ s.m. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach określił zawartości krytyczne kadmu służące do oceny roślin pod względem ich przydatności (w mg·kg⁻¹ s.m.):

- konsumpcyjna przydatność rośliny < 0,15
- paszowa przydatność rośliny < 0,5
- przemysłowa przydatność rośliny > 0,5 [6].

Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 13 stycznia 2003 roku (DzU nr 37, poz.326) określa dopuszczalną zawartość ołowiu i kadmu w warzywach. Dopuszczalne zawartości kadmu i ołowiu podane są w świeżej masie, a w powyższej pracy wyniki podane są w suchej masie.

Po przeliczeniu na suchą masę (pomidor wykazywał 10% suchej masy) przyjęto dopuszczalne zawartości dla owoców pomidora Pb 1,0 i Cd 0,5 mg·kg⁻¹. Na podstawie uzyskanych wyników nie stwierdzono przekroczenia zawartości ołowiu w owocach pierwszego i trzeciego grona pomidora uprawianych w badanych podłożach ogrodniczych, do których wprowadzono ołowiu oraz w podłożach, do których wprowadzono 25 mg·dm⁻³. Pozostałe owoce pomidora rosnące w podłożach, do których dodano ołów w ilości 100 mg·dm⁻³ charakteryzowały się przekroczeniem dopuszczalnej zawartości ołowiu. Analizując zawartość kadmu w owocach pierwszego i trzeciego grona pomidora nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnej zawartości kadmu u roślin rosnących w glebie mineralnej bez dodatku tego metalu. W owocach pomidora, który uprawiano w podłożach z dodatkiem 2,5 i 10 mg·dm⁻³ Cd stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej zawartości kadmu.

WNIOSKI

1. W owocach trzeciego grona pomidora stwierdzono mniejsze ilości kadmu i ołowiu w porównaniu do zawartości tych metali w owocach pierwszego grona.
2. Nie stwierdzono przekroczenia zawartości ołowiu w owocach pierwszego i trzeciego grona pomidora uprawianych w podłożach kontrolnych oraz podłożach ogrodniczych, do których wprowadzono 25 mg·dm⁻³ Pb.
3. Wprowadzając kadm w ilości 2,5 i 10 mg·dm⁻³ do podłoża ogrodniczych stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej zawartości tego metalu w owocach pomidora.
4. Najmniejsze ilości kadmu i ołowiu stwierdzono w owocach pomidora uprawianego w glebie mineralnej z dodatkiem węgla brunatnego.

PIŚMIENNICTWO

1. **Bosiacki M., Tyksiński W.:** Zawartość ołowiu w wybranych gatunkach warzyw uprawianych w szklarni i pod osłonami. *Folia Univ. Agric. Stetin, Agricultura*, 239 (95), 21-26, 2004.
2. **Berthet B., Amiard-Triquet C., Metayer C., Amiard J.C.:** Etude des voies de transfert du plomb de l'environnement aux végétaux cultivés, application à l'utilisation agricole de bones de station d'épuration. *Water, Air and soil Pollut.*, 21, 447-460, 1984.

3. **Crews M.H., Davies B.E.:** Heavy metal uptake from contaminated soils by six varieties of lettuce. *J. Agri. Sci. Camb.*, 105, 591-595, 1985.
4. **Gawęda M.:** Ograniczenie zawartości ołowiu w warzywach – wybór odmiany. *Mat. Z VI Ogólnopolskiego Zjazdu Hodowców Roślin Ogrodniczych*, Kraków, 1996.
5. **Kabata-Pendias A., Piotrowska M., Motowicka-Terelak T., Maliszewska-Kordybach B., Filipiak K., Krakowiak A., Pietruch Cz.:** Podstawy chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. *Biblioteka Monitoringu Środowiska*, Warszawa, 5-19, 1985.
6. **Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., Terelak H., Witek T.:** Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. *Ramowe wytyczne dla rolnictwa*, IUNG, 9-11, 1993.
7. **Merry R.H., Tiller K.G., Alston A.M.:** The effect of soil contamination with copper, lead and arsenic on the growth and composition of plants. II. Effects of source of contamination, varying soil pH, and prior waterlogging. *Plant and Soil*, 95, 255-269, 1986.
8. **Sady W.:** Poszukiwanie sposobów obniżania bioakumulacji kadmu w korzeniach spichrzowych marchwi. *Mat. VI Konf. Katedr Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych Akademii Rolniczych na temat: Nawożenie roślin ogrodniczych – stan badań i kierunki rozwoju*. Kraków, 1996.
9. **Tyksiński W., Breś W., Bosiacki M.:** Effect of organic substance in the substrate on the content of cadmium in the edible parts of vegetable crops. *Roczniki AR w Poznaniu CCCXLI, Ogrodnictwo*, 35, 3-9, 2002.
10. **Woźny A.:** Ołów w komórkach roślinnych. *Wyd. UAM w Poznaniu*, 1995.

DIFFERENTIATED CADMIUM AND LEAD CONTENT IN GREENHOUSE TOMATO FRUITS GROWN ON HORTICULTURAL SUBSTRATES

Maciej Bosiacki, Wojciech Tyksiński

Department of Horticultural Plant Fertilization, Agricultural University
ul. Zgorzelecka 4, 60-198 Poznań
e-mail: knaw@au.poznan.pl

Abstract. The objective of the presented studies was the determination of the amounts of cadmium and lead passing into the edible part of tomato fruit and comparison of these metals in the fruits of the first and the third bunch of tomato. Tomato plants of 'Recento' cultivar were grown in 10 dm³ containers, in horticultural substrates with an addition of different organic substrates. The above substrates were supplemented with the studied metals in the following amounts: cadmium – 0, 2.5, 10 mg dm⁻³ and lead – 0, 25, 100 mg dm⁻³. The experimental studies showed significant differences in Cd and Pb contents in the fruits of the first and the third tomato bunch and in fruits harvested from plants grown on different horticultural substrates. The least amounts of the metals were found in the fruits of the third bunch of tomato and in the fruits of plants grown on substrates with an addition of brown coal.

Key words: cadmium, lead, tomato, horticultural substrates