

ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY ZAWARTOŚCIĄ WĘGLA ORGANICZNEGO I ZAWARTOŚCIĄ KADMU I OŁOWIU 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. W doświadczeniach prowadzonych przez trzy lata wykorzystano różne substraty organiczne, które dodano do gleby mineralnej tworząc pięć podłoży ogrodniczych. Kadm w ilości 0, 2,5 i 10 Cd mg·dm⁻³ i ołów 0, 25 i 100 Pb mg·dm⁻³ wprowadzono do badanych podłoży stwarzając sztucznie zanieczyszczone środowisko. W tak przygotowanych podłożach uprawiano pomidora odmiany 'Recento' w pojemnikach 10 dm³. Celem przeprowadzonych doświadczeń było zbadanie zależności między zawartością węgla organicznego a zawartością Cd i Pb w podłożach ogrodniczych. Stwierdzono, że wprowadzenie różnych substratów organicznych powodowało zmniejszenie ilości rozpuszczalnych form kadmu i ołowiu w podłożach.

Słowa kluczowe: kadm, ołów, podłoża organiczne

WSTĘP

Wprowadzenie substancji organicznej do gleby wiąże się ze wzrostem w niej zawartości C organicznego. Wielu autorów twierdzi, że wraz ze wzrostem zawartości C organicznego maleje rozpuszczalność kadmu i ołowiu w glebie.

Celem doświadczeń prowadzonych przez trzy lata było zbadanie wpływu węgla organicznego na zawartość kadmu i ołowiu w podłożach.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia z pomidorem (pomidor odmiany 'Recento' – 1 roślina w pojemniku, prowadzona na jeden pęd na trzy grona) prowadzono w latach 1999-2001 w pojemnikach o objętości 10 dm³ w szklarni nieogrzewanej w sezonach wiosenno-letnich. Czynnikiem doświadczeń były: wzrastające dawki Cd i Pb:

(trzy dawki 0, 2,5 i 10 mg Cd·dm⁻³ podłoża; 0, 25, 100 mg Pb·dm⁻³ podłoża); różne podłoża, które stanowiły mieszaniny gleby mineralnej (psg) z: węglem brunatnym, trocinami sosnowymi, słomą pszenną i korą sosnową, których dodatek wynosił

Tabela 1. Skład granulometryczny gleby mineralnej ze Złotnik (%)

Table 1. Granulometric composition of mineral soil from Złotniki (%)

Frakcja – Fraction (mm)	(%)
2-0,05	71
0,05-0,002	20
> 0,002	9

30% objętości. Substancję organiczną dodano do gleby mineralnej tylko w pierwszym roku doświadczeń. Glebę mineralną (piasek słabo gliniasty) pobrano z warstwy ornej 0-20 cm z okolic Złotnik koło Poznania. Skład granulometryczny gleby mineralnej oznaczony metodą Cassagrande w modyfikacji Prószyńskiego ilustruje tabela 1. Węgiel brunatny pochodził z Kopalni Węgla Brunatnego w Koninie, trociny sosnowe z tartaku Akademii Rolniczej w Murowanej

Goślinie, słoma pszenna z Zakładu Doświadczalnego AR w Swadzimiu, kora sosnowa (drobno zmielona) ze sklepu ogrodniczego „Dar-max” w Suchym Lesie. Po wymieszaniu gleby mineralnej z substancją organiczną zawartość składników pokarmowych w podłożach oznaczono metodą uniwersalną; wyniki ilustruje tabela 2.

Tabela 2. Zawartość makroskładników w podłożach (mg·dm⁻³), pH oraz stężenie soli (mS·cm⁻¹)

Makroskładnik Macronutrient	Gleba mineralna (psg) Mineral soil (LS)	psg + węgiel LS + brown coal	psg + trociny LS + saw- dust	psg + słoma LS + straw	psg + kora LS + bark
N-NH ₄	–	4	2	2	–
N-NO ₃	5	20	8	32	12
P	31	21	50	35	36
K	75	52	66	160	109
Ca	340	801	302	278	312
Mg	22	222	22	28	31
Na	15	40	14	16	18
EC mS·cm ⁻¹	0,627	0,465	0,503	0,639	0,552
pH _(H₂O)	5,02	5,46	4,86	5,33	4,60

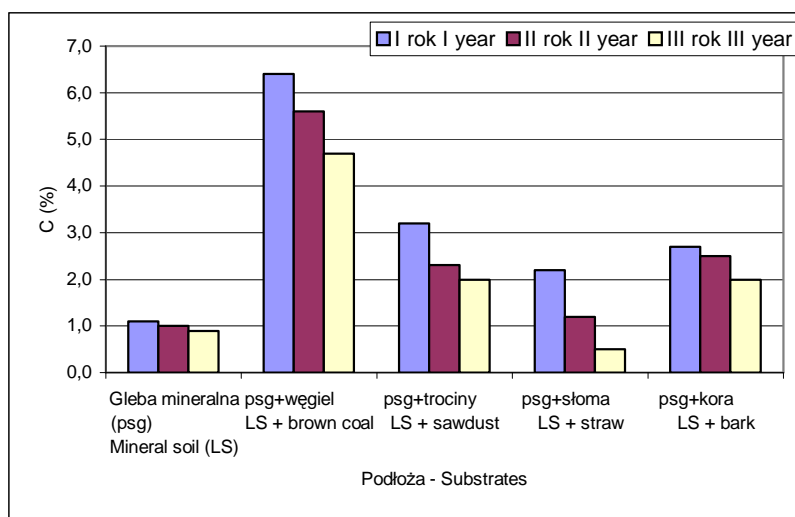
Zawartość ołowiu i kadmu (mg·dm⁻³) ekstrahowanego zmodyfikowanym roztworem Lindseya wynosiła w: glebie mineralnej 0,31 Cd i 3,22 Pb; węglu brunatnym 0,07 Cd i 0,12 Pb; trocinach sosnowych 0,11 Cd i 0,20 Pb; słomie pszennej 0,19 Cd i 0,06 Pb; korze sosnowej 0,14 Cd i 0,33 Pb. Oznaczono również zawartości ogólne ołowiu i kadmu w mg·dm⁻³ (mineralizacja w mieszaninie kwasów HCl i HNO₃ w stosunku 3:1) w: węglu brunatnym 0,27 Cd i 1,58 Pb; trocinach sosnowych 0,29 Cd

i 0,56 Pb; słomie pszennej 0,20 Cd i 1,55 Pb; korze sosnowej 0,89 Cd i 4,51 Pb. Do wszystkich przygotowanych jednorazowo podłoży na trzy lata badań dodano wapń w postaci CaCO_3 (odczynnik cz.d.a.) w $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ w następujących dawkach: gleba mineralna (psg) 2,5; psg + węgiel brunatny 2,5; psg + trociny sosnowe 5,0; psg + słoma pszenna 2,5; psg + kora sosnowa 5,0. Dawki CaCO_3 ustalono na podstawie krzywych neutralizacji aby uzyskać pH podłoży w przedziale 6,5-7,0. Pojemniki z dodatkiem substancji organicznej, w których prowadzono doświadczenia w drugim i trzecim roku przetrzymywano w szklarni nieogrzewanej. Dawki kadmu wprowadzono w postaci siarczanu kadmu, a ołowiu w postaci octanu ołowiu. Makroskładniki doprowadzono do następujących poziomów (200 N – KNO_3 ; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$; 100 P – KH_2PO_4 ; 250 K – KH_2PO_4 ; KNO_3 ; 135 Mg – $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$. Magnezu nie dodawano do gleby mineralnej z dodatkiem węgla brunatnego, ponieważ podłoże to zawierało dużą ilość magnezu. Mikroskładniki dodawano w ilości $0,2\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ do podłoży pod uprawę pomidora w postaci Polichelatu LS-7 produkcji Instytutu Nawozów Sztucznych w Puławach o składzie procentowym: Fe – 2,94; Mn – 1,38; Cu – 1,29; B – 0,73; Zn – 1,93; Mo – 0,09; Mg – 2,85. Makroskładniki i mikroskładniki dodawano w takiej samej ilości każdorazowo w poszczególnych latach na tydzień przed wy-sadzeniem rozsady pomidora.

Po zakończeniu doświadczeń w średnich próbach podłoży oznaczono: potencjometrycznie $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ (stosunek 1:2) oraz konduktometrycznie stężenie soli, makroskładniki (metodą uniwersalną w roztworze CH_3COOH o stężeniu $0,03\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$), mikroskładniki oraz Cd i Pb metodą ASA po ekstrakcji zmodyfikowanym roztworem Lindseya. Wyciąg Lindseya zawiera w $1\text{ dm}^3\text{ H}_2\text{O}$: 5 g EDTA (kwas wersenowy); 9 cm^3 25% roztworu NH_4OH ; 4 g kwasu cytrynowego; 2 g $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Węgiel ogólny oznaczono metodą osydo-metryczną w mieszaninie $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ cz.d.a. bezw. – ($2\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) i stężonego H_2SO_4 .

WYNIKI I DYSKUSJA

Najmniejszą ilością węgla, ale zbliżoną w kolejnych latach badań charakteryzowała się gleba mineralna (rys. 1). W pozostałych badanych podłożach wprowadzenie substancji organicznej spowodowało wzrost ilości C organicznego w porównaniu do gleby mineralnej. Najwięcej węgla stwierdzono w podłożach z dodatkiem węgla brunatnego. Stwierdzono też, że w kolejnych latach badań ilość węgla uległa zmniejszeniu we wszystkich badanych podłożach. Podłoża, w których rosły pomidory charakteryzowały się zróżnicowanym ubytkiem C organicznego. Największym ubytkiem C organicznego w drugim i trzecim roku badań charakteryzowały się podłoża z dodatkiem słomy. W glebie mineralnej ubytek substancji organicznej był najmniejszy w porównaniu do innych podłoży.



Rys. 1. Średnia zawartość C organicznego (%) w podłożach po zakończeniu doświadczeń z pomidorem

Fig. 1. Organic carbon content (%) in substrates after the termination of experiments with tomato (mean values)

Najwięcej kadmu i ołowiu oznaczono w glebie mineralnej (tab. 3). Wraz ze wzrostem dawki kadmu i ołowiu wzrastała ich ilość w podłożach. Najwięcej Cd w podłożach oznaczono przy dawce $10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, a Pb przy dawce $100 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Zmniejszeniu uległa ilość form rozpuszczalnych Cd i Pb we wszystkich podłożach, do których dodano substancję organiczną w porównaniu do gleby mineralnej bez dodatku substancji organicznej. Poza tym stwierdzono, że podłoża z dodatkiem węgla brunatnego zawierały mniej kadmu i ołowiu w stosunku do innych podłoży. W kolejnych latach badań ilość kadmu i ołowiu zmniejszyła się we wszystkich podłożach niezależnie od podłoża i dawki kadmu.

Zastosowane w doświadczeniach substraty organiczne dodane do gleby mineralnej charakteryzowały się różnym stopniem rozkładu w kolejnych latach badań. O szybkości mineralizacji decydował rodzaj substancji organicznej. Większy ubytek C organicznego świadczy o szybszej mineralizacji substancji organicznej. Próchnica jest substancją bardzo złożoną i zmienną. Można w niej wyróżnić wiele związków np.: frakcje kwasów huminowych. Wójcikowska i Turski [6] analizując wpływ kwasów huminowych i fulwowych na rozpuszczalność Pb zauważyli tendencję spadku rozpuszczalności związków ołowiu wraz ze wzrostem w składzie próchnicy kwasów huminowych. Zaobserwowali oni też, że najwięcej uwolnionego ołowiu otrzymano w kwaśnej glebie bielicoziemnej wytworzonej z piasków luźnych,

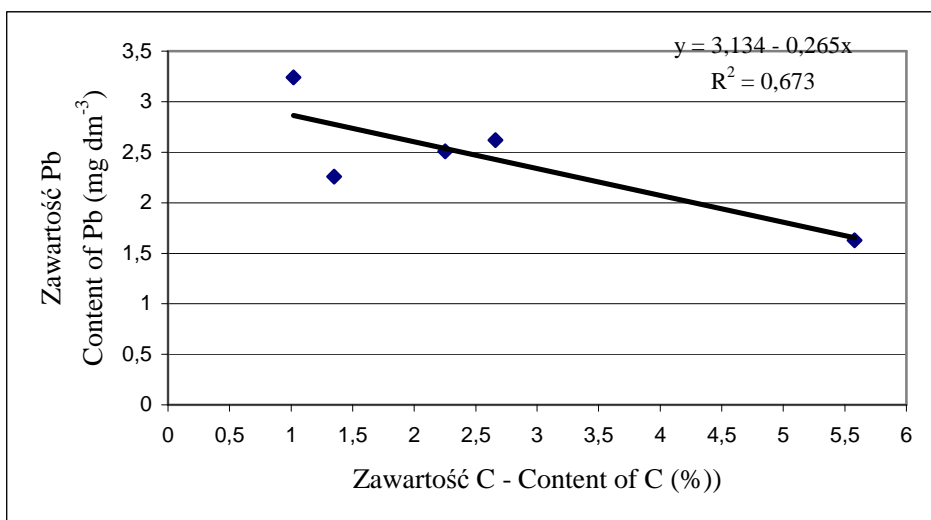
o małej zawartości węgla organicznego, gdzie nieznacznie przeważają kwasy fulwowe nad huminowymi. Według Hofstede i Goen [2] grupy funkcyjne kwasów humusowych mogą łączyć się z metalami 2 i 3 wartościowymi, tworząc chelaty. Powstawanie kompleksów chelatowych z metalami szkodliwymi powoduje detoksykację gleb [3]. Chelatami nazywa się najczęściej kompleksy organiczno-mineralne z metalami dwu i więcej wartościowymi [2]. Mogą to być kompleksy metalu z jednym, dwoma lub trzema kwasami humusowymi.

Tabela 3. Zawartość Cd i Pb w podłożach po zakończeniu doświadczeń z pomidorem ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)
Table 3. Content of Cd and Pb in substrates after the termination of experiments with tomato (mg dm^{-3})

Podłoża Substrates	Dawki Doses ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)		I rok badań 1st year of study		II rok badań 2nd year of study		III rok badań 3rd year of study	
	Cd	Pb						
			Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb
Piasek słabo gliniasty (psg)	0	0	0,26	3,55	0,23	3,10	0,23	3,08
	2,5	25	2,26	26,05	2,10	24,88	1,89	22,19
Loamy sand (LS)	10	100	11,40	107,56	10,82	106,21	10,24	103,4
	0	0	0,10	2,18	0,06	1,68	0,03	1,02
psg + węgiel LS + coal	2,5	25	1,35	23,41	1,28	20,84	0,95	13,35
	10	100	7,73	99,32	4,80	80,55	4,12	47,68
psg + trociny LS + sawdust	0	0	0,24	3,41	0,11	2,50	0,10	1,95
	2,5	25	1,94	24,56	1,70	20,99	1,55	19,21
psg + słoma LS + straw	10	100	9,27	101,96	8,53	98,94	8,23	76,81
	0	0	0,12	2,67	0,11	2,23	0,10	1,87
psg + skóra LS + bark	2,5	25	1,71	24,15	1,50	20,75	1,32	16,03
	10	100	10,09	100,43	7,13	88,32	6,87	57,41
psg + kora LS + bark	0	0	0,13	3,10	0,12	2,47	0,10	1,95
	2,5	25	1,73	24,47	1,63	21,05	1,48	18,90
10	100	11,32	101,03	8,46	99,23	8,05	76,10	

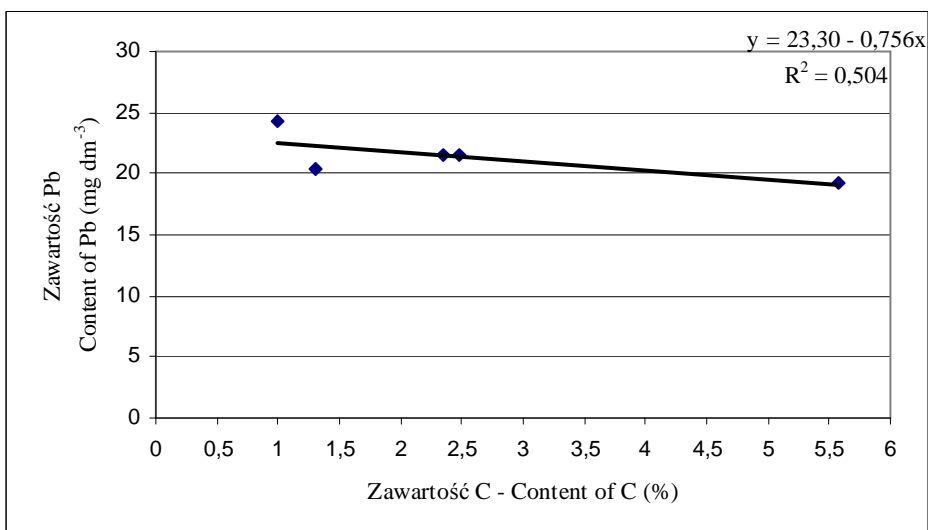
Wyraźny ubytek węgla organicznego w kolejnych latach badań świadczący o rozkładzie substancji organicznej spowodował zmniejszenie zawartości Cd i Pb w badanych podłożach. Mniejsze ilości rozpuszczalnych form kadmu i ołowiu w podłożach są prawdopodobnie wynikiem tworzenia się kompleksów organiczno-mineralnych.

Współdziałanie pomiędzy zawartością form rozpuszczalnych ołowiu (rys. 2-4) i kadmu (rys. 5-7) w poszczególnych badanych podłożach charakteryzujących się różną zawartością C organicznego poddano analizie regresji. Analizę regresji przeprowadzono na podstawie średnich zawartości metali z trzech lat badań w podłożach przy $\alpha = 0,05$.



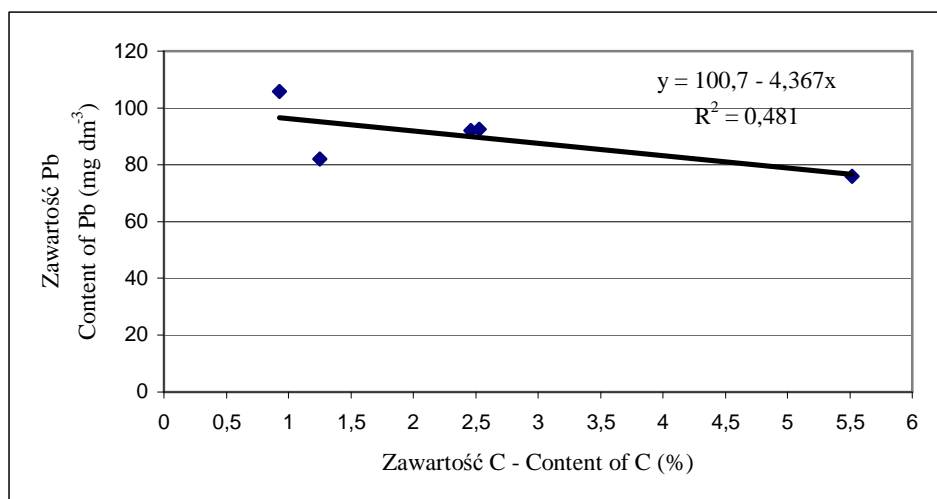
Rys. 2. Zależność pomiędzy średnią zawartością ołowiu a ilością węgla organicznego w badanych podłożach bez dodatku ołowiu

Fig. 2. Dependence between lead content and quantity of organic carbon in the substrates without lead addition (mean values)



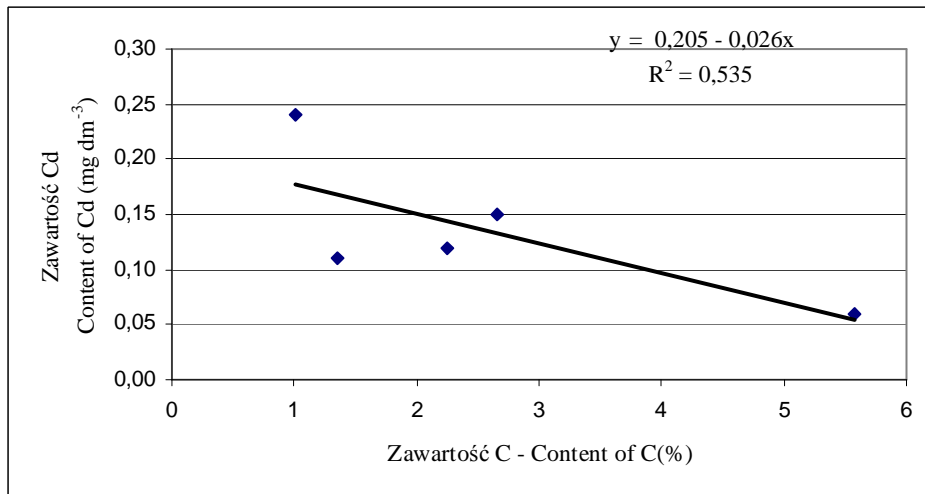
Rys. 3. Zależność pomiędzy średnią zawartością ołowiu a ilością węgla organicznego w podłożach z dodatkiem 25 mg·dm⁻³ ołowiu

Fig. 3. Dependence between lead content and quantity of organic carbon in the substrates with doses of 25 mg dm⁻³ of lead (mean values)



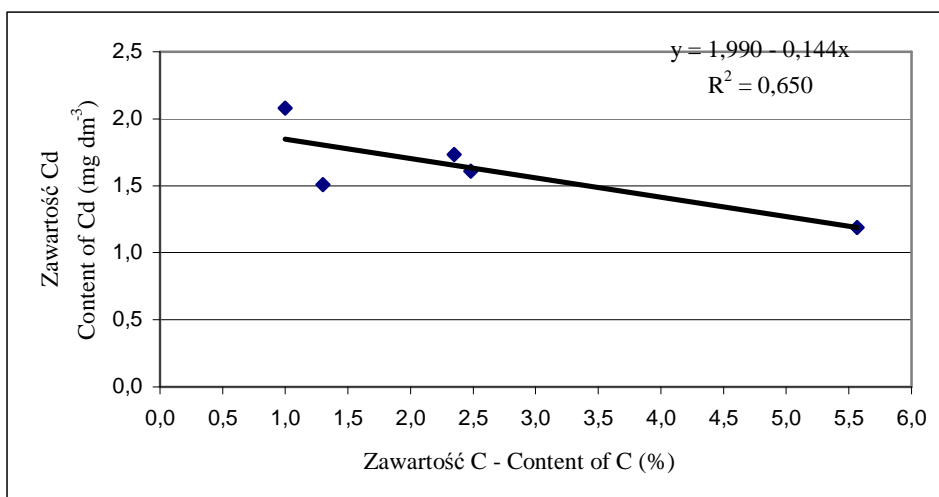
Rys. 4. Zależność pomiędzy średnią zawartością ołowiu a ilością węgla organicznego w podłożach z dodatkiem 100 mg·dm⁻³ ołowiu

Fig. 4. Dependence between lead content and quantity of organic carbon in the substrates with doses of 100 mg dm⁻³ of lead (mean values)



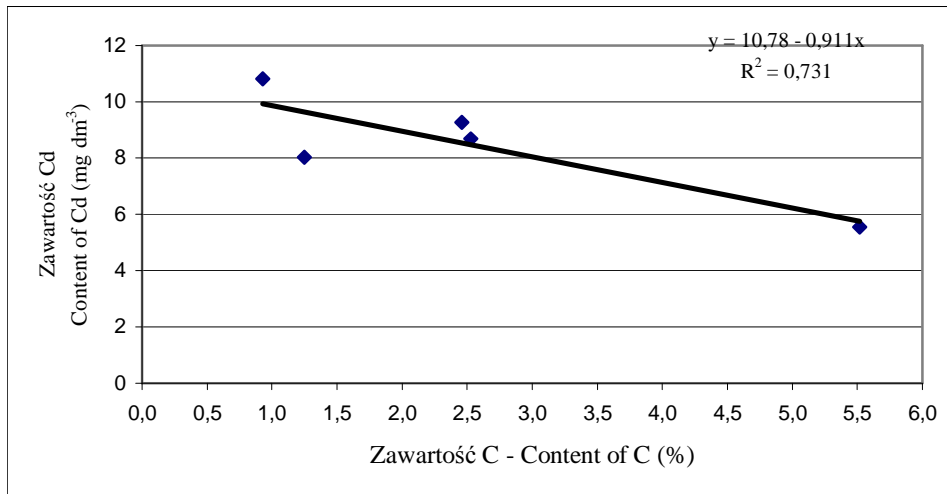
Rys. 5. Zależność pomiędzy średnią zawartością kadmu a ilością węgla organicznego w podłożach bez dodatku kadmu

Fig. 5. Dependence between cadmium content and quantity of organic carbon in the substrates without cadmium addition (mean values)



Rys. 6. Zależność pomiędzy średnią zawartością kadmu a ilością węgla organicznego w podłożach z dodatkiem 2,5 mg·dm⁻³ kadmu

Fig. 6. Dependence between cadmium content and quantity of organic carbon in the substrates with doses of 2,5 mg dm⁻³ of cadmium (mean values)



Rys. 7. Zależność pomiędzy średnią zawartością kadmu a ilością węgla organicznego w podłożach z dodatkiem 10 mg·dm⁻³ kadmu

Fig. 7. Dependence between cadmium content and quantity of organic carbon in the substrates with doses of 10 mg dm⁻³ of cadmium (mean values)

Stwierdzono, że współczynniki korelacji dla omawianych współzależności były nieistotne. W omawianej zależności pomiędzy zawartością C organicznego a zawartością form rozpuszczalnych badanych metali w podłożach zaobserwowano następującą tendencję: zawartość kadmu i ołowiu zmniejszała się w podłożach, wraz ze wzrostem ilości C organicznego.

Jednym ze sposobów przeciwdziałania ujemnym skutkom zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi jest stosowanie substancji organicznej [9]. Podobnie Zaniewicz-Bajkowska [7,8] na podstawie swoich badań stwierdziła, że nawożenie organiczne miało istotny wpływ na zawartość dostępnych dla roślin form kadmu i ołowiu w glebie, co jest zgodne z wynikami uzyskanymi przez Webera [5].

Zastosowane przez nią nawożenie organiczne wpłynęło na zmniejszenie się ilości kadmu i ołowiu w glebie. Tyksiński i in. [4] prowadzili badania na dwóch glebach mineralnych zawierających 0,50 i 1,74% C-organicznego, do których dodano 10 i 30% objętości torfu wysokiego, trocin sosnowych oraz węgla brunatnego, a także kadm w sześciu dawkach w przedziale 0-10 mg·dm⁻³ i ołów, w sześciu dawkach w przedziale 0-2000 mg·dm⁻³. Stwierdzili oni, że zmniejszyła się (w porównaniu do kontroli) ilość kadmu i ołowiu w glebie, gdy dodano substancji organicznej i zalecają dodatek 10% objętości torfu i trocin oraz 30% objętości węgla brunatnego do gleb mineralnych. Oceniając zawartość kadmu i ołowiu w substratach ogrodniczych używanych w ogrodnictwie Deska i Kalembasa [1] stwierdzili podwyższoną zawartość tych metali w oborniku i wermikompostach oraz słomie. Wykazali oni również, że kora, trociny i torf są wolne od nadmiaru ilości kadmu i ołowiu i nie stanowią większego zagrożenia dla produktów roślinnych.

WNIOSKI

1. Zastosowanie dodatku węgla brunatnego, trocin sosnowych, słomy pszennej i kory sosnowej w ilości 30% objętości spowodowało zmniejszenie ilości rozpuszczalnych form kadmu i ołowiu w podłożach w porównaniu z zawartością tych form w glebie mineralnej, niezależnie od dawek kadmu i ołowiu oraz roku badań.

2. Ze wszystkich rodzajów substancji organicznej, 30% dodatek węgla brunatnego miał największy wpływ na zmniejszenie ilości form rozpuszczalnych kadmu i ołowiu w podłożach.

3. Zastosowanie kadmu w ilości 2,5 i 10 mg·dm⁻³ oraz ołowiu w ilości 25 i 100 mg·dm⁻³ do podłoży spowodowało wzrost zawartości tych metali w badanych podłożach

4. Wraz z ubytkiem C organicznego w kolejnych latach badań zawartość kadmu i ołowiu w tych samych podłożach zmniejszała się.

PIŚMIENNICTWO

1. **Deska J., Kalembasa S.:** Zawartość form całkowitych metali ciężkich w substancjach organicznych używanych w ogrodnictwie. Roczn. AR w Poznaniu, CCCIV, 51-57, 1998.
2. **Hofstede H., Goen H.:** The effects of addition refining residue (red mud) on the behaviour heavy metals in compost. Heavy Metals in the Environment. Elsevier, Amsterdam, 67-94, 1991.
3. **Mercik S., Kubik J.:** Chelatowanie metali ciężkich przez kwasy humusowe oraz wpływ torfu na pobieranie Zn, Pb i Cd przez rośliny. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 422, 19-30, 1995.
4. **Tyksiński W., Bosiacki M., Kurdubska J.:** Dependence between the type and level of organic substance in the substrate and the amounts of cadmium and lead originating from different extraction solvents. Roczniki AR w Poznaniu, T CCCXXVII, 56-64, 2000.
5. **Weber J.:** Wpływ związków próchnicznych na kumulowanie i migrację w glebie niektórych metali ciężkich emitowanych przez przemysł. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 11, 283-292, 1993.
6. **Wójcikowska-Kapusta A., Turski R.:** Zawartość związków próchnicznych a rozpuszczalność niklu i ołowiu. Roczn. Glebozn., T. XXXVII, nr 2-3, Warszawa, 351-362, 1986.
7. **Zaniewicz-Bajkowska A.:** Wpływ następczy nawożenia organicznego (między plony ozime, obornik, słoma) i wapnowania gleby na zawartość kadmu i ołowiu w korzeniach buraka ćwikłowego odm. Czerwona Kula. VII Konferencja Naukowa nt. „Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodniczych” Lublin 8-9 czerwca, 184-186, 1998.
8. **Zaniewicz-Bajkowska A.:** Znaczenie nawożenia organicznego i wapnowania w uprawie warzyw na glebach o podwyższonej zawartości kadmu i ołowiu. Wyd. AP w Siedlcach. Rozpr. Hab., 71, 2003.
9. **Zaniewicz-Bajkowska A., Franczuk J., Rosa R., Olszewski W., Łukowski T.:** Poplonowe nawozy zielone i słoma w uprawie selera korzeniowego. Cz.II. zawartość kadmu w liściach i korzeniach spichrzowych. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Rolnictwo, LXXXVI, 515, 577-584, 2005.

DEPENDENCE BETWEEN THE CONTENT OF ORGANIC CARBON
AND THE CONTENT OF CADMIUM AND LEAD IN 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. In experiments conducted for three years, different organic substrates were used as additions to mineral soils, creating five horticultural substrates. Cadmium in the amount of 0, 2.5 and 10 Cd mg dm⁻³ and lead at rates of 0, 25, 100 Pb mg dm⁻³ were introduced into the studied substrates creating thereby a contaminated environment. In the prepared substrates, tomato, 'Recento' cultivar, was grown in 10 dm³ containers. The objective of the experiments was to investigate the dependence between the content of organic carbon and the content of Cd and Pb in horticultural substrates. It was found that the introduction of different organic substrates caused a decrease in the amount of soluble forms of cadmium and lead in the substrates.

Key words: cadmium, lead, organic substrates