

IWONA KOWALSKA

**ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH SKŁADNIKÓW
W SZPINAKU (*SPINACIA OLERACEAE* L.)
UPRAWIANYM PRZY ZRÓŻNICOWANEJ
ZAWARTOŚCI WAPNIA**

*Z Katedry Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych
Akademii Rolniczej im. Hugona Kollątaja w Krakowie*

ABSTRACT. The effect of Ca fertilization on Cd accumulation in spinach and on its dry matter, ascorbic acid and mineral contents were determined. Increasing doses of calcium carbonate decreased the Cd uptake by the plants.

Key words: spinach, calcium, cadmium, uptake

Wstęp

Szpinak jest cennym warzywem ze względu na dużą wartość odżywczą. Oprócz wartościowych składników odżywczych, takich jak witaminy, białko, cukry i składniki mineralne, może także zawierać substancje szkodliwe dla zdrowia, w tym metale ciężkie (**Grant i in.** 1998, **Pandey i Sharma** 2002). Zawartość substancji szkodliwych w roślinach zależy od wielu czynników, wśród których największe znaczenie mają czynniki glebowe: odczyn gleby (pH), wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym (Ca, Mg, K, Na), zawartość łatwo rozpuszczalnych form wapnia, magnezu i substancji organicznej oraz skład granulometryczny (**Curyło i Jasiewicz** 1997, **Mc Bride i in.** 1997). Zmniejszeniu zawartości metali ciężkich i innych substancji szkodliwych w roślinach sprzyja także zrównoważona zasobność gleb w pozostałe składniki pokarmowe, pozwalająca na uzyskanie obfitych plonów, a przez to ujawnianie się tzw. efektu „rozcieńczenia”.

Powszechnie uważa się, że wraz ze wzrostem odczynu gleby zmniejsza się dostępność metali ciężkich dla roślin (**Kabata-Pendias i Pendias** 1993, **Gębski** 1998). Z kolei zmniejszenie pH w glebie powoduje wzrost rozpuszczalności połączeń chemicznych metali ciężkich oraz zmniejszenie stopnia ich adsorpcji na koloidach glebowych (**Gębski**

1998). Wapń jest podstawowym składnikiem decydującym o odczynie gleby, jest zatem składnikiem, który pośrednio wpływa na dostępność kadmu dla roślin.

Metale ciężkie obecne w środowisku glebowym mogą powodować zaburzenia w żywieniu mineralnym roślin, w procesach fotosyntezy i oddychania, a w konsekwencji redukować wzrost i plon roślin (Sandalio i in. 2001, Pandey i Sharma 2002).

Celem badań było określenie wpływu koncentracji wapnia w środowisku korzeniowym roślin szpinaku na zawartość kadmu oraz wartość odżywczą wyrażoną zawartością suchej masy, kwasu askorbinowego i składników mineralnych w liściach.

Material i metody

Szpinak zwyczajny odmiany 'Markiza F₁' uprawiano w sezonie wiosennym 2003 roku w nieogrzewanej szklarni, w wazonach Mitcherlicha o objętości 5 dm³ wypełnionych glebą mineralną (utwór pyłowy ilasty o zawartości: 16% piasek, 43% pył, 41% il) i torfem wysokim, zmieszanych w stosunku objętościowym v:v = 3:2 (tab. 1). W trakcie przygotowywania podłoża mineralno-organicznego zróżnicowano w nim zawartość wapnia, dodając wzrastające ilości węgla wapnia (kreda nawozowa 45% CaO). Użytkano w ten sposób następujące warianty doświadczenia:

- 1) podłoże mineralno-organiczne – kontrola bez CaCO₃,
- 2) podłoże mineralno-organiczne + 0,5 g CaCO₃ g·dm⁻³,
- 3) podłoże mineralno-organiczne + 2,0 g CaCO₃ g·dm⁻³.

Tabela 1

Odczyn i zawartość wybranych składników w podłożu mineralno-organicznym przed zastosowaniem nawozów mineralnych
The pH and concentration of selected nutrients in the mineral-organic soil before inclusion of mineral fertilizers

pH _{H2O}	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	Cd (mg·kg ⁻¹)	C-org. Org.-C (%)	T CEC (cmol ⁽⁺⁾ ·kg ⁻¹)
	(mg·dm ⁻³)								
5,5	9	64	69	70	1 343	120	0,861	3,01	31,50

Tabela 2

Wybrane właściwości chemiczne podłoża mineralno-organicznego oznaczone w trakcie uprawy roślin
Selected chemical properties of mineral-organic soil determined during cultivation

Dawka nawozu wapniowego (g·dm ⁻³ podłoża) Dose of calcium fertilizer (g·dm ⁻³ medium)	V* (%)	H _h	Ca ⁺²
		(cmol ⁽⁺⁾ ·kg ⁻¹)	
0,0	83,69	5,22	10,72
0,5	90,08	2,83	11,66
2,0	94,30	1,85	13,12

*Wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami.

*Sorption complex saturation with bases.

Zawartość pozostałych składników pokarmowych wynosiła: N-90, P-70, K-200, Mg-120 (mg·dm⁻³). Azot i potas wprowadzono do podłoża w postaci saletry amonowej i soli potasowej – KCl. Zawartość fosforu i magnezu nie wymagała uzupełnienia (tab. 1). W trakcie wegetacji zastosowano jednokrotne nawożenie pogłównie przez podlanie roślin 0,5-procentowym roztworem saletry potasowej (14% N, 46% K₂O) w ilości 300 cm³ na wazon.

Zbiór liści szpinaku przeprowadzono jednokrotnie, w fazie ich pełnej dojrzałości zbiorczej. Rośliny płukano wodą destylowaną, suszono i mielono. W materiale roślinnym oznaczano zawartość suchej masy metodą suszarkowo-wagową w temperaturze 105°C oraz kwasu askorbinowego metodą Tillmansa. Oznaczenia makroskładników (N-NH₄, N-NO₃, P, K, Ca i Mg) przeprowadzono w wyciągu 2-procentowego kwasu octowego (Nowosielski 1988), a kadmu – metodą ISP, po uprzedniej mineralizacji materiału roślinnego w mieszaninie kwasów H₂SO₄/HNO₃/HCl w stosunku 6:2:0,25 (Jędraszczak i Szeke 1990).

Zawartość makroskładników w podłożu oznaczono w wyciągu 0,03 M kwasu octowego, metodami opisanymi przez Nowosielskiego (1988). Zawartość kadmu oznaczono metodą absorpcji atomowej – AAS, po uprzedniej ekstrakcji kadmu z podłoża 0,01 M chlorkiem wapnia (Houba i in. 1997). Kwasowość hydrolityczną (H_n) oznaczano metodą Kappena, natomiast zawartość kationów o charakterze zasadowym, używając 2 M chlorku amonu (Kocialkowski i Ratajczak 1984). Na podstawie uzyskanych wyników obliczono wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami (V) oraz pojemność kompleksu sorpcyjnego (T). Zawartość węgla organicznego (C) oznaczano metodą Tiurina.

Doświadczenie wykonano w układzie jednoczynnikowym w trzech powtórzeniach, po cztery wazonie w każdym powtórzeniu. W jednym wazonie rosło 15 roślin.

Uzyskane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji oraz testowi rozstępu Duncana (SAS 1996). Istotność różnic określano dla P = 0,05.

Wyniki i dyskusja

Dodatek wapnia w postaci CaCO₃ spowodował wzrost odczynu (pH) podłoża z 5,5 (wariant I – kontrola) do 6,3 oraz 6,7, odpowiednio w wariancie II i III. Wykazano istotny wpływ dawki nawozu wapniowego na zawartość suchej masy w liściach szpinaku, natomiast nie obserwowano wpływu nawożenia na zawartość kwasu askorbinowego (tab. 3). Najmniej suchej masy zgromadziły liście roślin rosnących na podłożu bez dodatku wapnia (wariant I – 9,42% suchej masy). Liście tych roślin zawierały zarazem najwięcej kadmu. O spadku zawartości suchej masy w uzyskiwanym plonie w warunkach wzrastającej ilości metali ciężkich, w tym kadmu, informują Ramachandran i D'Souza (2002). Przyczyną zmniejszenia się zawartości suchej masy mógł być wpływ kadmu na zmniejszenie tempa procesów fotosyntezy, transpiracji i oddychania tkankowego (Sandalio i in. 2001, Pandey i Sharma 2002).

Obserwowano istotny wpływ dawki nawozu wapniowego na zawartość kadmu w liściach szpinaku (tab. 3). Istotnie większe ilości kadmu oznaczono w roślinach rosnących na podłożu mineralno-organicznym nie nawożonym węglanem wapnia. Wraz ze wzrostem zastosowanej dawki nawozu wapniowego pobieranie kadmu przez rośliny malało. Przyczyną zwiększonego pobrania kadmu przez rośliny w obiektach bez nawożenia oraz

Tabela 3

Wpływ dawki nawozu wapniowego na zawartość suchej masy, kwasu askorbinowego i kadmu w liściach szpinaku
Effects of calcium fertilizer dose on the concentration of dry matter, ascorbic acid and cadmium in spinach leaves

Dawka nawozu wapniowego (g·dm ⁻³ podłoża) Dose of calcium fertilizer (g·dm ⁻³ medium)	Sucha masa Dry matter (%)	Kwas askorbinowy* Ascorbic acid, (mg·100 g ⁻¹)	Kadm Cadmium (mg·kg ⁻¹)
0,0	9,42	57,62	0,64
0,5	10,08	58,84	0,47
2,0	9,99	64,36	0,39
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,472	n.i. – n.s.	0,073

*W świeżej masie.

n.i. – różnice nieistotne statystycznie.

*In fresh matter.

n.s. – no statistically significant differences.

w obiektach z mniejszą dawką CaCO₃ była prawdopodobnie zwiększona w tych warunkach aktywność kadmu, a tym samym jego większa dostępność dla roślin. Obiekty te charakteryzowały się najmniejszą wartością pH. **Kabata-Pendias i Pendias (1993)** podają, że pod wpływem niskiego pH w glebie wzrasta rozpuszczalność (aktywność) połączeń chemicznych metali ciężkich. Natomiast w warunkach wyższego pH zwiększa się udział w roztworze glebowym jonów kompleksowych Cd(OH)⁺ oraz związków cząsteczkowych CdCO₃, a zmniejsza ilość form mobilnych, czyli form jonowych (Cd⁺²) i chlorkowych (CdCl⁻) kadmu. Jony Cd(OH)⁺ są wtedy silniej wiązane przez koloidy organiczne oraz tlenki glinu i żelaza.

Potwierdzeniem wpływu zabiegu wapnowania na dostępność kadmu są badania **Zaniewicz-Bajkowskiej (2003)**. Rośliny (kapusta, burak, sałata) uprawiane na glebie zwapnowanej gromadziły istotnie mniejsze ilości kadmu niż warzywa uprawiane bez wapnowania. **Sady i Rożek (2002)** podają, że najmniejsze skażenie marchwi kadmem występowało na glebach charakteryzujących się odczynem pH > 7,0 oraz dużym wysyceniem kompleksu sorpcyjnego zasadami (V > 98%).

W niniejszym doświadczeniu wysycenie kompleksu sorpcyjnego zasadami było największe (94%) (tab. 2) w obiektach, w których stosowano największe dawki wapnia (2 g·dm⁻³), a zarazem były to obiekty, w których rośliny charakteryzowały się najmniejszą zawartością kadmu. Należy jednak sądzić, że na mniejszą akumulację kadmu przez rośliny w tych obiektach miał wpływ głównie odczyn, który ma ścisły związek z zawartością w kompleksie sorpcyjnym pierwiastków o charakterze zasadowym, takich jak wapń i magnez, które jednocześnie decydują o wysyceniu kompleksu sorpcyjnego zasadami (**Kociałkowski i Ratajczak 1984**). Jak podaje **Gębski (1998)**, współczynnik wymiany wapnia na kadm w procesie sorpcji wymiennej na koloidach glebowych (np. montmorylonicie) jest zbliżony do 1. Dlatego ograniczenie dostępności kadmu dla roślin przez ich zaadsorbowanie na minerałach glebowych może być niewielkie w warunkach

kach dużego wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym. Wpływ minerałów ilastych na ograniczenie aktywności metali ciężkich obserwowany w glebach kwaśnych jest wyraźnie większy niż w glebach obojętnych i alkalicznych, co wynika z ograniczenia w tych warunkach sorpcji metali ciężkich, w tym kadmu (Gębski 1998).

Opinie na temat wpływu kadmu na pobieranie składników pokarmowych przez rośliny są podzielone. W niniejszym doświadczeniu dużej kumulacji kadmu przez rośliny towarzyszył spadek zawartości azotu azotanowego (tab. 4). Zawartość pozostałych składników, tj. fosforu, potasu i magnezu, była na zbliżonym poziomie we wszystkich wariantach nawożenia wapniem. Yang i in. (1996) podają, że rośliny rosnące na glebach o większej zawartości kadmu charakteryzowały się gorszym zaopatrzeniem w wapń, magnez, cynk, miedź, żelazo i mangan, natomiast lepszym w fosfor. Z kolei Sandalio i in. (2001) wskazują, że wraz ze wzrostem koncentracji kadmu w pożywkach w zakresie 0-50 μM następował spadek zawartości azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu w liściach grochu, natomiast zawartość tych składników w korzeniach istotnie malała dopiero przy koncentracjach kadmu powyżej 30 μM .

Tabela 4

**Wpływ dawki nawozu wapniowego na zawartość składników mineralnych
w liściach szpinaku**
**Effects of calcium fertilizer dose on the concentration of mineral nutrients
in the spinach leaves**

Dawka nawozu wapniowego ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ podłoża) Dose of calcium fertilizer, ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ medium)	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Mg
	(% s.m. – % d.m.)				
0,0	0,20	0,45	0,18	5,09	1,10
0,5	0,19	0,57	0,19	5,34	1,08
2,0	0,19	0,58	0,18	4,95	1,02
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	n.i. – n.s.	0,109	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.	n.i. – n.s.

Wnioski

1. Wzrastające dawki węgla wapnia w podłożu wpłynęły na ograniczenie pobierania kadmu przez rośliny.

2. Najmniejszą zawartością suchej masy i azotu azotanowego charakteryzowały się rośliny rosnące na podłożu bez dodatku wapnia (kontrola). Rośliny te kumulowały najwięcej kadmu.

3. Nie wykazano wpływu nawożenia węglanem wapnia na zawartość kwasu askorbinowego w liściach szpinaku.

Literatura

- Curyło T., Jasiewicz C.** (1997): Wpływ nawożenia na zawartość kadmu w warzywach uprawianych w rejonach ekologicznego zagrożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 448 b: 43-51.
- Gębski M.** (1998): Czynniki glebowe oraz nawozowe wpływające na przyswajanie metali ciężkich przez rośliny. Post. Nauk Roln. 5: 3-16.
- Grant C.A., Buckley W.T., Bailey L.D., Selles F.** (1998): Cadmium accumulation in crops. *Canad. J. Plant Sci.* 78, 1: 1-17.
- Houba V.J.G., Novozamsky I., Temminghoff E.J.M.** (1997): Soil and plant analysis. Part 5A. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, Wageningen.
- Jędraszczak R., Szteke B.** (1990): Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) oznaczenia zawartości kadmu i ołowiu w materiale roślinnym. *Rocz. PZH* 41, 5-6: 223-229.
- Kabata-Pendias A., Pendias H.** (1993): Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- Kociałkowski W., Ratajczak M.J.** (1984): Uproszczona metoda oznaczania kationów wymienialnych i kationowej pojemności wymiennej gleby wg Mehlich pH 8,2. *Rocz. AR Pozn.* 146, Roln. 27: 105-116.
- Mc Bride M.B., Sauwe S., Hendershot W.** (1997): Solubility control of Cu, Zn, Cd, and Pb in contaminated soil. *Europ. J. Soil Sci.* 48: 337-346.
- Nowosielski O.** (1988): Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. PWRiL, Warszawa.
- Pandey N., Sharma C.P.** (2002): Effect of heavy metals Co^{2+} , Ni^{2+} and Cd^{2+} on growth and metabolism of cabbage. *Plant Sci.* 163: 753-758.
- Ramachandran V., D'Souza T.J.** (2002): Plant uptake of calcium, zinc, and manganese from four contrasting soils amended with Cd – enriched sewage sludge. *J. Environ. Sci. Health, Part A*, 37: 1333-1346.
- Sady W., Rożek S.** (2002): The effect of physical and chemical soil properties on the accumulation of cadmium in carrot. *Acta Hort.* 571: 73-77.
- Sandalio L.M., Dalurzo H.C., Gómez M., Romero-Puertas M.C., del Río L.A.** (2001): Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. *J. Exp. Bot.* 52, 364: 2115-2126.
- SAS. Release 6.12 for Windows. (1996). SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, NC.
- Yang X., Baligar V.C., Martens D.C., Clark R.B.** (1996): Cadmium effects on influx and transport of mineral nutrients in plants species. *J. Plant Nutr.* 19: 643-656.
- Zaniewicz-Bajkowska A.** (2003): Znaczenie nawożenia organicznego i wapnowania w uprawie warzyw na glebach o podwyższonej zawartości kadmu i ołowiu. *Rozpr. Nauk. Akad. Podl.* 71.

THE CONCENTRATION OF SELECTED NUTRIENTS IN THE SPINACH
(*SPINACIA OLERACEAE* L.) GROWN AT DIFFERENT LEVELS OF CALCIUM

S u m m a r y

In the pot experiment the effect of increasing doses of calcium carbonate (0, 0.5, 2.0 g·dm⁻³) on the contents of Cd, dry matter, ascorbic acid and some minerals in the spinach leaves was studied. Increasing doses of calcium fertilizer decreased the Cd accumulation by the plants. High content of Cd was accompanied by the lower dry matter and N-nitrate contents. There was not a significant effect of Ca concentration in the root zone on the content of ascorbic acid in the spinach leaves.