

SYLWESTER SMOLEŃ

**Wpływ dokarmiania dolistnego azotem, molibdenem,
sacharozą i benzyloadeniną na zawartość kadmu,
żelaza, manganu, ołowiu i cynku w rzodkiewce**

The effect of foliar nutrition with nitrogen, molybdenum, sucrose
and benzyladenine on the concentrations of Cd, Fe, Mn, Pb and Zn in radish

Streszczenie. Rzodkiewkę ‘Opolanka’ uprawiano w latach 2006–2007 w pojemnikach o wymiarach $60 \times 40 \times 20$ cm wypełnionych glebą gliniastą, umieszczonych na terenie otwartym pod cieniówką. Dwukrotnie dokarmiano dolistnie rośliny następującymi roztworami: 1 – kontrola (oprysk wodą), 2 – mocznik, 3 – mocznik + Mo, 4 – mocznik + Mo + BA, 5 – mocznik + Mo + BA + sacharoza, 6 – BA i 7 – sacharoza. Zastosowano następujące stężenia składników: mocznik $20 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$, sacharoza $10 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$, molibden $1 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, benzyloadenina $5 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Dokarmianie dolistne w istotny sposób wpłynęło na zawartość Cd, nie miało wpływu na zawartość Fe, Mn, Pb i Zn w rzodkiewce. Opryskiwanie roślin samą benzyloadeniną oraz samą sacharozą powodowało istotne obniżenie zawartości Cd w rzodkiewce w stosunku do kontroli. W pozostałych obiektach zawartość kadmu w rzodkiewce kształtowała się na podobnym poziomie jak w kontroli.

Słowa kluczowe: rzodkiewka, dokarmianie dolistne, benzyloadenina, sacharoza, metale ciężkie

WSTĘP

Zabieg dokarmiania dolistnego składnikami pokarmowymi wpływa zarówno na podwyższenie wielkości plonu, jak i zawartości suchej masy w roślinach [Marschner 1995]. Zabieg ten może stymulować pobieranie składników pokarmowych przez korzenie [Marschner 1995, Adamec 2002]. Badania Chwil i Szewczuka [2003] wykazały jednak, że dwukrotne opryskiwanie buraka cukrowego wieloskładnikowym nawozem ‘Rolvit B’ spowodowało obniżenie zawartości Cu, Fe i Mn w korzeniach spichrzowych w stosunku do kontroli niedokarmianej dolistnie.

Wyniki badań [Smoleń i Sady 2006, 2007a, 2007b, 2008a] wskazują, że oddziaływanie zabiegu dokarmiania dolistnego na pobieranie mikrośladników pokarmowych i metali ciężkich przez marchew zależy zarówno od rodzaju i stężenia składników podawa-

nych roślinom w tym, zabiegu jak i zastosowanego doglebowego nawożenia azotem, fizykochemicznych właściwości gleby oraz przebiegu warunków klimatycznych w trakcie uprawy.

Wyniki nielicznych badań wskazują, że egzogenne cytokiny (jak np. benzyloadenina – w skrócie BA) mogą oddziaływać na pobieranie składników pokarmowych przez rośliny. Wang i in. [2003] wykazali, że opryskiwanie BA (w stężeniu 10^{-8} M) roślin tytoniu nawożonych azotem w formie $N-NH_4$ zwiększyło o 88% pobieranie jonów K^+ przez korzenie oraz o 26% ich transport przez ksylem, co powodowało zwiększenie zawartości potasu w liściach. Oddziaływanie tego fitohormonu w połączeniu z dolistnym dokarmianiem roślin na pobieranie mikroskładników i metali ciężkich przez rośliny nie jest dostatecznie dobrze zdiagnozowane.

Celem badań było określenie wpływu dokarmiania dolistnego azotem, molibdenem, sacharozą i benzyloadniną na zawartość Cd, Fe, Mn, Pb i Zn w rzodkiewce.

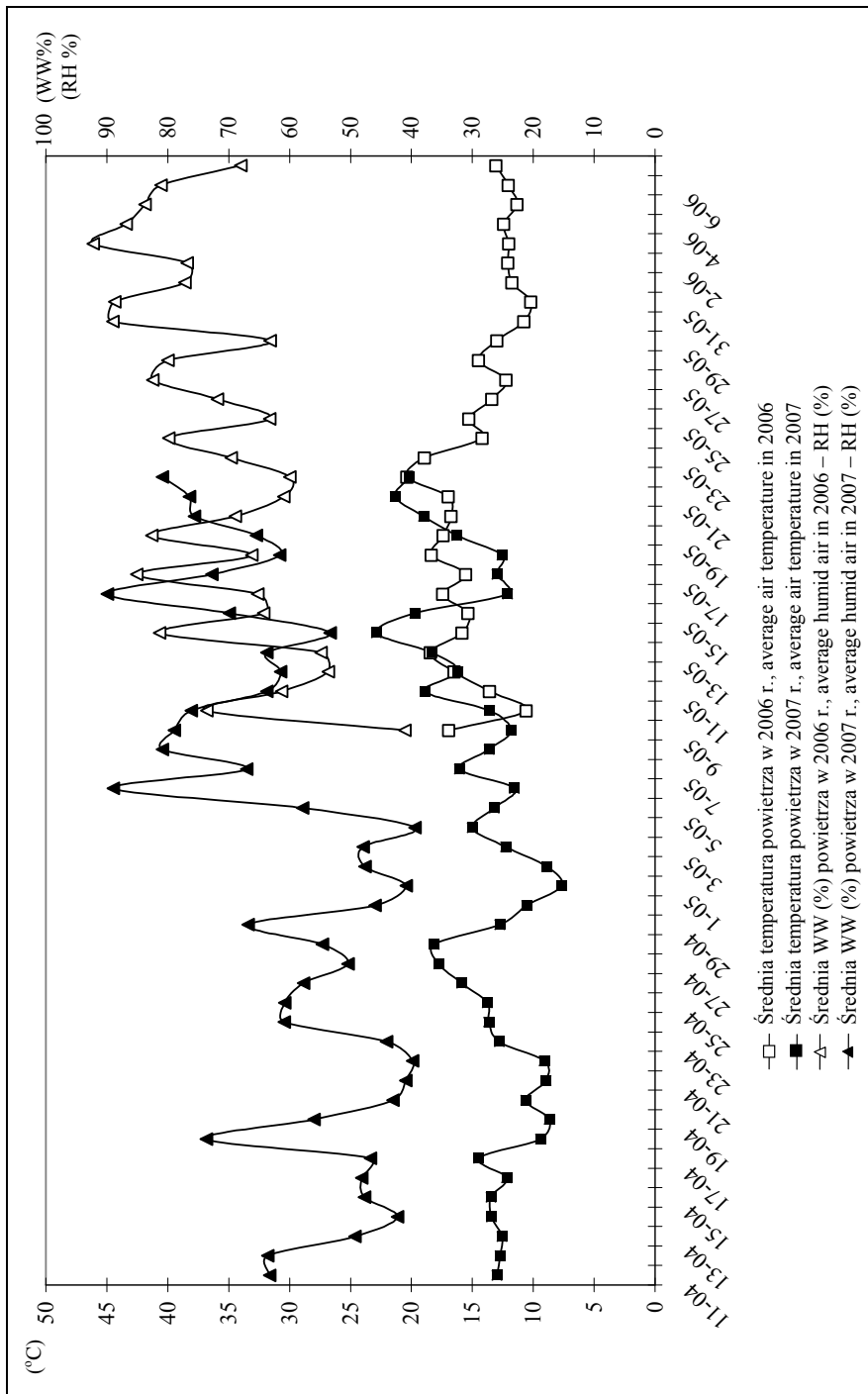
MATERIAŁ I METODY

Rzodkiewkę 'Opolanka' uprawiano w latach 2006–2007 w pojemnikach ażurowych o wymiarach $60 \times 40 \times 20$ cm, umieszczonych na terenie otwartym pod cieniówką. Pojemniki były wypełnione gliną średnią pylastą (3% piasku, 28% pyłu i 37% ilu) o średniej zawartości materii organicznej 2,52% i następującej zawartości łatwo rozpuszczalnych (w 0,03 M CH_3COOH) form składników: N ($N-NO_3 + N-NH_4$) 14,9 mg, P 73,8 mg, K 92,4 mg, Mg 159,8 mg i Ca 1299,0 mg w 1 dm^{-3} gleby. Odczyn gleby $pH(H_2O)$ wynosił 6,88, $pH(KCl)$ 6,20, a ogólne stężenie soli w glebie (EC) $0,15 \text{ EC mS} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Badaniami objęto obiekty z dolistnym dokarmianiem roślin roztworami następujących związków: 1 – kontrola (oprysk wodą), 2 – mocznik, 3 – mocznik + Mo, 4 – mocznik + Mo + BA, 5 – mocznik + Mo + BA + sacharoza, 6 – BA i 7 – sacharoza. Rośliny w poszczególnych obiektach doświadczenia były opryskiwane dwa razy. Pierwszy zabieg wykonano w fazie dwóch rozwiniętych liści właściwych, a drugi w fazie trzech–czterech wykształcających się liści właściwych, odpowiednio 24 maja i 1 czerwca 2006 r. oraz 14 maja i 17 maja 2007 r. Powyższe roztwory zawierały następujące stężenia związków: mocznik $20 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$, sacharoza $10 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$, molibden $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, benzyloadenina $5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Rzodkiewkę uprawiano w trzech powtórzeniach. Siew nasion wykonano 4 maja 2006 i 11 kwietnia 2007 w ilości 5 rzędów (po 25 nasion w rzędzie) na jeden pojemnik – jedno powtórzenie. Po wschodach rośliny przzerwano, pozostawiając po 12 siewek w jednym rzędzie. Zawartość przyswajalnych form azotu i potasu w glebie przed rozpoczęciem uprawy uzupełniono do poziomu $100 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ gleby przy użyciu saletry amonowej i siarczanu potasu. Zbiór połączony z oceną plonowania i pobraniem prób zgrubień rzodkiewki oraz gleby do analiz wykonano w dniu 7 czerwca 2006 r. i 22 maja 2007 r. Wyniki dotyczące oddziaływania zabiegu dokarmiania dolistnego na wielkość plonu zgrubień i liści rzodkiewki oraz na zawartość suchej masy w liściach i zgrubieniach, a także na zawartość cukrów rozpuszczalnych, kwasu askorbinowego, związków fenolowych, fenylopropanoidów, flawonoidów i antocyjanów w zgrubieniach rzodkiewki są przedmiotem odrębnej publikacji [Smoleń i Sady 2008b].

Podczas uprawy rzodkiewki prowadzono monitoring temperatury i wilgotności powietrza za pomocą rejestratora HOBO Pro RH/Temp Data Logger (rys. 1). W okresie niedostatecznej ilości opadów rzodkiewkę podlewano wodą wodociągową.



Rys. 1. Średnia dobowa temperatura i wilgotność względna powietrza w okresie uprawy rzodkiewki w 2006 i 2007 r.
 Fig. 1. The average twenty-four hours' air temperature and relative air humidity during the period of radish cultivation in 2006 and 2007

Skład granulometryczny gleby oznaczono metodą Casagrande w modyfikacji Pruszyńskiego, zawartość materii organicznej metodą Tiurina w modyfikacji Oleksynowej, określając za pomocą tej metody zawartość C-organicznego, a następnie stosując współczynnik 1,724 odpowiadający zawartości węgla w substancji organicznej. Odczyn gleby $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$, $\text{pH}(\text{KCl})$ mierzono potencjometrycznie, ogólne stężenie soli w glebie (EC) mierzono konduktometrycznie, a zawartość: N- NH_4 , N- NO_3 , P, K, Mg, Ca po ekstrakcji 0,03M CH_3COOH . Azot oznaczony został metodą mikrodestylacji według Bemnera w modyfikacji Starcka, K, Mg, Ca metodą AAS, a P metodą wanadowomolibdenianową. W próbach gleby pobranych po uprawie rzodkiewki oznaczono $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ oraz zawartość łatwo rozpuszczalnych w 0,01 M CaCl_2 form Cd, Fe, Mn, Pb i Zn. Zawartość Cd, Fe, Mn, Pb i Zn w zgrubieniach rzodkiewki oznaczono po mineralizacji prób w mieszaninie kwasów $\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4 : \text{H}_2\text{SO}_4$ w stosunku 6 : 2 : 0,25. W 2006 r. zawartość Fe, Mn, Zn w próbach rzodkiewki oraz zawartość Cd, Fe, Mn, Pb i Zn w próbach gleby oznaczono techniką AAS w płomieniu acetylenowo-powietrznym, a zawartość Cd i Pb w rzodkiewce oznaczono techniką AAS w kuwecie grafitowej. W 2007 r. zawartość Cd, Fe, Mn, Pb i Zn w próbach gleby i rzodkiewki oznaczono techniką ICP-OES.

Obliczenia statystyczne uzyskanych wyników wykonywano przy użyciu modułu ANOVA programu Statistica 7.1 PL dla $P < 0,05$. Istotność różnic oceniano za pomocą analizy wariancji. W przypadku istotności różnic grupy jednorodne wyznaczono na podstawie testu Duncana.

WYNIKI I DYSKUSJA

W obydwu latach prowadzenia badań, pomimo uprawy rzodkiewki w 2006 roku w późniejszym terminie niż w 2007 r., stwierdzono zbliżone wartości średniej dobowej temperatury powietrza w okresie wegetacji roślin, wynoszące $14,6^\circ\text{C}$ w 2006 r. i $14,0^\circ\text{C}$ w 2007 r. W latach prowadzenia badań stwierdzono różnice w rozkładzie wartości średniej dobowej wilgotności względnej powietrza. W roku 2006 w okresie uprawy wilgotność względna powietrza utrzymywała się na wyższym poziomie niż w 2007. Średnia wilgotność względna powietrza za okres uprawy rzodkiewki w roku 2006 wyniosła 72,4%, a w 2007 r. 59,9%. Średnie miesięczne sumy opadów (dane meteorologiczne ze stacji Kraków-Balice) w 2006 i 2007 r. wynosiły odpowiednio: 46 i 15,4 mm w kwietniu, 52 i 51,7 mm w maju oraz 89 i 79,6 mm w czerwcu.

Dokarmianie dolistne w istotny sposób oddziaływało na zawartość Cd, nie miało natomiast wpływu na zawartość Fe, Mn, Pb i Zn w rzodkiewce (tab. 1). Najniższą zawartość Cd stwierdzono w zgrubieniach rzodkiewki opryskiwanej samą benzyloadeniną oraz samą sacharozą. Zawartość kadmu w zgrubieniach tych roślin była istotnie niższa niż w kontroli, ale na tym samym poziomie co w pozostałych obiektach doświadczenia. Wyniki te są odmienne od rezultatów wcześniejszych badań [Smoleń i Sady 2008a] z dolistnym dokarmianiem marchwi, w których zastosowano podobne kombinacje roztworów. We wspomnianych badaniach wykazano, że dokarmianie dolistne w istotny sposób wpłynęło na zawartość Cu i Zn; nie miało ono natomiast wpływu na zawartość Cd w marchwi. Najwięcej Cu zawierały korzenie spichrzowe marchwi opryskiwanej roztworem mocznik + Mo, a najwięcej Zn – roślin dokarmianych dolistnie samym mocznikiem.

Tabela 1. Wpływ dokarmiania dolistnego na zawartość Cd, Fe, Mn, Pb i Zn w zgrubieniach rzodkiewki – średnie z lat 2006–2007

Table 1. The effect of foliar nutrition on concentration of Cd, Fe, Mn, Pb i Zn in radish roots – mean for 2006–2007

Rodzaj dokarmiania dolistnego Kind of foliar nutrition	Cd	Fe	Mn	Pb	Zn	
	mg·kg ⁻¹ św.m. – mg·kg ⁻¹ f.w.					
Kontrola – Control	0,022 b	5,87 a	0,54 a	0,011 a	2,18 a	
Mocznik – Urea	0,019 ab	7,95 a	0,59 a	0,015 a	2,39 a	
Mocznik + Mo – Urea + Mo	0,016 ab	5,57 a	0,55 a	0,015 a	2,28 a	
Mocznik + Mo + BA Urea + Mo + BA	0,015 ab	7,15 a	0,62 a	0,016 a	2,21 a	
Mocznik + Mo + BA + sacharoza Urea + Mo + BA + sucrose	0,017 ab	8,09 a	0,66 a	0,019 a	2,34 a	
BA	0,012 a	5,75 a	0,55 a	0,007 a	2,05 a	
Sacharoza – Sucrose	0,012 a	7,55 a	0,52 a	0,008 a	1,87 a	
Średnie dla roku badań Means for year of study	2006	0,014 a	9,66 a	0,78 b	0,001 a	2,27 a
	2007	0,017 a	5,44 a	0,47 a	0,019 b	2,15 a

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie między sobą dla $p < 0,05$
Means followed by the same letters are not significantly different for $P < 0,05$

Tabela 2. Odczyn (pH) oraz zawartość łatwo rozpuszczalnych form Cd, Fe, Mn, Pb i Zn w glebie po uprawie rzodkiewki – średnie z lat 2006–2007

Table 2. Soil reaction (pH) and the content of readily soluble forms of Cd, Fe, Mn, Pb and Zn in soil after radish cultivation – means for 2006–2007

Rodzaj dokarmiania dolistnego Kind of foliar nutrition	pH(H ₂ O)	Cd	Fe	Mn	Pb	Zn	
		mg·kg ⁻¹ gleby – mg·kg ⁻¹ soil					
Kontrola – Control	6,71 c	0,77 a	286,90 a	155,97 a	14,16 a	47,74 bc	
Mocznik – Urea	6,71 c	0,76 a	256,79 a	158,19 a	14,09 a	60,72 c	
Mocznik + Mo – Urea + Mo	6,64 b	0,84 a	241,49 a	152,25 a	15,54 a	48,07 bc	
Mocznik + Mo + BA – Urea + Mo + BA	6,64 b	0,79 a	251,20 a	156,00 a	14,98 a	48,80 bc	
Mocznik + Mo + BA + sacharoza Urea + Mo + BA + sucrose	6,58 a	0,76 a	238,06 a	147,69 a	13,55 a	46,07 a	
BA	6,86 d	0,77 a	255,10 a	166,71 a	14,99 a	47,03 bc	
Sacharoza – Sucrose	6,87 d	0,75 a	256,91 a	159,65 a	14,24 a	52,72 c	
Średnie dla roku badań Means for year of study	2006	6,46 a	0,91 b	247,22 a	137,41 a	15,64 b	46,10 a
	2007	6,97 b	0,64 a	263,19 a	175,86 b	13,38 a	54,23 b

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie między sobą dla $P < 0,05$
Means followed by the same letters are not significantly different for $P < 0,05$

Po uprawie rzodkiewki gleba z poszczególnych obiektów doświadczenia charakteryzowała się istotnym zróżnicowaniem pod względem odczynu oraz zawartości łatwo rozpuszczalnych w 0,01 M CaCl₂ form Zn, nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w zawartości Cd, Fe, Mn oraz Pb (tab. 2). W przypadku cynku najniższą zawartość tego pierwiastka stwierdzono w glebie po uprawie roślin opryskiwanych mieszaniną mocznika, molibdenu, benzyloadeny i sacharozy (kombinacja nr 5), a najwyższą w glebie po uprawie roślin opryskiwanych samym mocznikiem oraz samą sacharozą. Najniższy

odczyn $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ gleby wykazano po uprawie roślin opryskiwanych mieszaniną mocznika, molibdenu, benzyloadeniny i sacharozy (kombinacja nr 5), a najwyższy gleby, w której rosły rośliny opryskiwane samą benzyloadeniną oraz samą sacharozą. Należy zaznaczyć, że odczyn gleby po uprawie roślin opryskiwanych samą benzyloadeniną oraz samą sacharozą był zbliżony, a w pozostałych obiektach stwierdzono obniżenie jego poziomu w stosunku do wartości pH gleby przed rozpoczęciem uprawy. Odczyn gleby uważany jest za jeden z głównych czynników wpływających na formę, w jakiej metale ciężkie występują w środowisku glebowym, oraz na ich dostępność dla roślin [Chłopcicka 1994, Gębski 1998, Kabata-Pendias i Pendias 1999]. Należy jednak pokreślić, że w prezentowanych badaniach zróżnicowanie wartości odczynu oraz zawartości Zn w glebie po uprawie nie miało bezpośredniego wpływu na zawartość zarówno Zn, jak i innych oznaczanych pierwiastków w zgrubieniach rzodkiewki. Podobne zależności stwierdzili we wcześniejszych badaniach Smoleń i Sady [2008a]. W badaniach tych autorów zmiany odczynu oraz zawartości łatwo rozpuszczalnych form Cd, Cu i Zn w glebie po uprawie marchwi nie korelowały w bezpośredni sposób z zawartością tych pierwiastków w korzeniach spichrzowych.

Dokarmianie dolistne może stymulować pobieranie składników pokarmowych [Marchner 1995, Adamec 2002], jak i Cd przez korzenie [Smoleń i Sady 2006]. Prezentowane wyniki wskazują, że pomimo braku zróżnicowania pomiędzy badanymi obiektami w zawartości łatwo rozpuszczalnych form Cd w glebie po uprawie rzodkiewki ujawnił się istotny wpływ dokarmiania dolistnego na zawartość Cd w zgrubieniach rzodkiewki. Wyniki te w pośredni sposób świadczą o tym, że dokarmianie dolistne poszczególnymi roztworami mogło w odmienny sposób wpłynąć na procesy fizjologiczne korzeni roślin. Procesy te mogły powodować zmiany odczynu gleby w obrębie ryzosfery, a przez to również oddziaływać na zawartość fitodostępnych form Cd w tej strefie gleby. Pośrednio może na to wskazywać wyższy odczyn gleby (w porównaniu z pozostałymi obiektami) po uprawie rzodkiewki opryskiwanej samą sacharozą i samą benzyloadeniną oraz obniżona zawartość Cd w zgrubieniach tych roślin. Jednak brak bezpośredniego związku pomiędzy zawartością łatwo rozpuszczalnych w 0,01 M CaCl_2 form Cd i Zn w glebie a zawartością tych pierwiastków w rzodkiewce może świadczyć o stosunkowo małej przydatności tej metody ekstrakcji gleby do oznaczania Cd i Zn (jak również i Cu) i oceniania na tej podstawie dostępności tych pierwiastków w glebie oraz możliwości ich pobierania i akumulacji w roślinach. Podobne wnioski wynikają z wcześniejszych badań z uprawą marchwi [Smoleń i Sady 2006, 2007b]. Wydaje się, że znacznie lepszym wskaźnikiem oceny fitodostępności dla roślin metali ciężkich z gleby byłaby analiza ich zawartości bezpośrednio w obrębie ryzosfery, czy też w roztworze glebowym [Tyler i Olsson 2001].

W latach prowadzenia badań stwierdzono odmienne warunki klimatyczne pod względem wilgotności względnej powietrza (rys. 1), co w bezpośredni sposób związane było z ilością i rozkładem opadów w okresie uprawy rzodkiewki – szczegółowe dane nieprezentowane. Pomimo wyraźnych istotnych różnic w odczynie gleby (pH) oraz zawartości Cd, Mn, Pb i Zn w glebie po uprawie rzodkiewki w 2006 w stosunku do 2007 r. (tab. 2) w zgrubieniach rzodkiewki stwierdzono jedynie istotne zróżnicowanie w zawartości Mn i Pb pomiędzy latami prowadzenia badań (tab. 1). Rzodkiewka uprawiana w 2007 r. charakteryzowała się niższą zawartością Mn, a wyższą Pb w porównaniu z roślinami uprawianymi w 2006 r. Stąd też w 2006 r. wynikała potrzeba oznaczenia zawartości Pb w rzodkiewce techniką AAS z kuwetą grafitową.

WNIOSKI

1. Opryskiwanie roślin samą benzyloadeniną oraz samą sacharozą powodowało istotne obniżenie zawartości Cd w rzodkiewce w porównaniu z roślinami kontrolnymi. W pozostałych obiektach zawartość Cd w rzodkiewce kształtowała się na podobnym poziomie jak w kontroli.

2. Żaden z zastosowanych w badaniach roztworów użytych do dokarmiania dolistnego nie miał wpływu na zawartość Fe, Mn, Pb i Zn w rzodkiewce.

3. W obydwu latach prowadzenia badań pomimo uprawy roślin w glebie o zbliżonych właściwościach fizykochemicznych, zmienne warunki klimatyczne (zwłaszcza wilgotność względna powietrza oraz suma i rozkład opadów) mogły być jedną z przyczyn zróżnicowanej zawartości Mn i Pb w zgrubieniach rzodkiewki. Zgrubienia roślin uprawianych w 2007 r. charakteryzowały się niższą zawartością Mn, a wyższą Pb w porównaniu z roślinami uprawianymi w 2006 r.

4. Zróżnicowanie wartości odczynu gleby oraz zawartości łatwo rozpuszczalnych w 0,01 M CaCl₂ form Zn w glebie po uprawie nie miało bezpośredniego wpływu na zawartość Zn w rzodkiewce.

PIŚMIENNICTWO

- Adamec L., 2002. Leaf absorption of mineral nutrients in carnivorous plants stimulates root nutrient uptake. *New Phytol.* 155, 89–100.
- Chłopecka A., 1994. Wpływ różnych związków kadmu, miedzi, ołowiu i cynku na formy tych metali w glebie oraz na ich zawartość w roślinach. IUNG, Seria R, Puławy.
- Chwil S., Szewczuk C., 2003. Wpływ dolistnego dokarmiania buraka cukrowego na plon i niektóre cechy jakościowe. *Acta Agrophysica* 85, 117–124.
- Gębski M., 1998. Czynniki glebowe oraz nawozowe wpływające na przyswajanie metali ciężkich przez rośliny. *Post. Nauk Rol.* 5, 3–16.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. II. PWN Warszawa.
- Marschner H., 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. Second edition. Academic Press, London, England.
- Smoleń S., Sady W., 2006. The content of Cd, Cu and Zn in carrot storage roots as related to differentiated nitrogen fertilization and foliar nutrition. *Polish J. Environ. Stud.* 15 (2A, Part II), 503–509.
- Smoleń S., Sady W., 2007a. The effect of nitrogen fertilizer form and foliar application on Cd, Cu and Zn concentrations in carrot. *Folia Hort.* 19 (1), 87–96.
- Smoleń S., Sady W., 2007b. Wpływ nawozu azotowego z inhibitorem nityfikacji oraz dokarmiania dolistnego na zawartość suchej masy, Cd, Cu i Zn w marchwi. *Ochr. Środ. i Zas. Nat.* 32, 81–86.
- Smoleń S., Sady W., 2008a. The effect of foliar nutrition with nitrogen, molybdenum, sucrose and benzyloadenine on the contents of dry weight, Cd, Cu and Zn in carrot. *Veget. Crops Res. Bull.* 68, 135–144.
- Smoleń S., Sady W., 2008b. Wpływ dokarmiania dolistnego mocznikiem, molibdenem, sacharozą i benzyloadeniną na wielkość i prozdrowotną jakość plonu rzodkiewki. *Mat. Konf. – abstrakty Konf. Nauk. pt. „Biostymulatory w nowoczesnej uprawie roślin”*, Warszawa, 7–8 lutego 2008, 162.

- Tyler G., Olsson T., 2001. Concentrations of 60 elements in the soil solution as related to the soil acidity. *Europ. J. Soil Sci.* 52, 151–165.
- Wang G., Li C., Zhang F., 2003. Effects of different nitrogen forms and combination with foliar spraying with 6-benzylaminopurine on growth, transpiration, and water and potassium uptake and flow in tobacco. *Plant and Soil* 256, 169–178.

Summary. In the years 2006–2007 ‘Opolanka’ radish was grown in $60 \times 40 \times 20$ cm containers, placed on the open ground under shade providing fabric. A loamy clay soil was used as a substrate. The following foliar nutrition treatments were applied twice: 1 – control (spray with water), 2 – urea, 3 – urea + Mo, 4 – urea + Mo + BA, 5 – urea + Mo + BA + sucrose, 6 – BA and 7 – sucrose. The concentrations of urea were $20 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$, of sucrose $10 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$, of molybdenum (Mo) $1 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ and of benzyladenine (BA) $5 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. The foliar nutrition treatments have a significant effect on the concentration of Cd and no significant changes in the concentration of Fe, Mn, Pb and Zn in radish. In comparison to the control, plants sprayed only with BA and only with sucrose contained significantly less Cd in radish roots. The concentration of Cd in roots of plants from other combinations were on a similar level as in the control plants.

Key words: radish, foliar nutrition, benzyladenine, sucrose, heavy metals

Praca naukowa finansowana z Rektorskiego Funduszu Stypendialnego, przeznaczonego na wsparcie najciekawszych badań prowadzonych przez młodych pracowników naukowych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.