

Słowa kluczowe: roszonek, formy N nawozowego, metale ciężkie

Agnieszka BARAN*, Anna KOŁTON**

AKUMULACJA METALI CIĘŻKICH W BIOMASIE ROSZONEKI POD WPLYWEM ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA AZOTEM

Badania prowadzono wiosną i jesienią 2007 roku. Schemat doświadczenia obejmował cztery obiekty: I - (bez nawożenia), II – nawożony saletrą wapniową, III - nawożony saletrą amonową oraz IV – kompostem. Zróżnicowane nawożenie azotem wpłynęło na zmniejszenie zawartości Pb, Cd i Cr w roślinie. Spośród obiektów nawozowych najmniejszą zawartość Cr i Cd wykazano w roszonece nawożonej saletrą amonową, a Pb saletrą wapniową. Roszonek uprawiana w terminie jesiennym charakteryzowała się większą zawartością Cr, Pb w porównaniu do rośliny zebranej wiosną. Przeciętna zawartość metali ciężkich: 0,18 mg Pb, 0,01 mg Cd · kg⁻¹ ś. m. w roszonece świadczy o tym, że nie została przekroczona dopuszczalna granica przewidziana dla warzyw.

1. WSTĘP

Z licznych badań wynika, że o fitotoksyczności metali ciężkich decyduje wiele czynników: odczyn i zasobności gleby w materię organiczną, nawożenie oraz gatunek rośliny [4,11]. W literaturze można spotkać również doniesienia dotyczące wpływu nawożenia azotowego na zawartość metali ciężkich w roślinach, co wynika głównie z plonotwórczego działania azotu oraz wpływu nawozów azotowych na zmianę pH gleby w strefie korzeniowej roślin [18]. Warzywa odgrywają ważną rolę w diecie człowieka, a zanieczyszczone metalami ciężkimi mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia z racji akumulowania się tych pierwiastków w wątrobie i nerkach [1]. Celem doświadczenia była ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem na zawartość metali ciężkich (Pb, Cd, i Cr) w roszonece warzywnej odm. Noordhollandse.

* Katedra Chemii Rolnej, ** Katedra Fizjologii Roślin, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków (baranaga1@wp.pl)

2. MATERIAŁ I METODYKA

Doświadczenie założono na glebie o składzie granulometrycznym gliny średniej pylastej i pH_{KCl} 6,33 w skrzynkach ażurowych zawierających 45 dm^3 gleby. Według granicznych zawartości metali ciężkich, gleba użyta w doświadczeniu wykazywała naturalną ich zawartość [9]. Badania obejmowały dwa czynniki: pierwszym czynnikiem była forma azotu nawozowego, drugim termin uprawy. Schemat doświadczenia składał się z 4 obiektów: I - bez nawożenia, II – nawożony N-NO_3 , III - nawożony $\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$ oraz IV – nawożony kompostem. We wszystkich obiektach nawozowych przed siewem roślin uzupełniono azot do poziomu $2,25 \text{ g N} \cdot 45 \text{ dm}^{-3}$ gleby. Roszponkę uprawiano w dwóch terminach: wiosną i jesienią 2007 roku. W terminie wiosennym roślinę wysiano 10 IV, a zebrano 19 VI, natomiast w terminie jesiennym siew odbył się 20 VII a zbiór 3 X. Jako źródło składników pokarmowych zastosowano: saletrę wapniową $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, saletrę amonową NH_4NO_3 oraz kompost. Podczas trwania doświadczenia prowadzono monitoring temperatury, wilgotności, opadów i nasłonecznienia [10]. Po zbiorze roszponki zawartość Pb, Cd i Cr oznaczono po suchej mineralizacji materiału roślinnego i roztworzeniu popiołu w HNO_3 (1:3), metodą ICP-EAS. Obliczono pobranie ww. metali przez roszponkę oraz ich współczynniki bioakumulacji. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie przy użyciu dwuczynnikowej analizy wariancji i testu Tukeya przy poziomie istotności $\alpha < 0.05$.

3. WYNIKI

Z analizowanych metali roszponka zawierała najwięcej Pb następnie $> \text{Cr} > \text{Cd}$ (tab. 1). W roszponce stwierdzono istotne zmniejszenie się zawartości ołowiu średnio o 28%, kadmu o 38% i chromu o 35% pod wpływ nawożenia azotem w różnych formach, w stosunku do roślin kontrolnych (tab. 1).

Tab. 1. Zawartość i pobranie ołowiu, kadmu i chromu przez roszponkę warzywną

Czynniki doświadczenia		Zawartość [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ś.m.]			Pobranie [$\mu\text{g} \cdot \text{roślinę}^{-1}$]		
		Pb	Cd	Cr	Pb	Cd	Cr
I - forma azotu	Kontrola	0,217 ^{b*}	0,014 ^c	0,064 ^c	0,653	0,041	0,193
	N-NO_3	0,165 ^a	0,009 ^{ab}	0,048 ^b	0,752	0,040	0,220
	$\text{N-NO}_3 + \text{NH}_4$	0,170 ^{ab}	0,007 ^a	0,036 ^a	0,917	0,038	0,189
	Kompost	0,182 ^{ab}	0,010 ^b	0,040 ^{ab}	0,842	0,050	0,184
	NIR _{0,05}	0,04	0,002	0,007	n.i.	n.i.	n.i.
II – termin uprawy	Wiosna	0,153 ^a	0,009	0,037 ^a	0,837	0,049 ^b	0,197
	Jesień	0,214 ^b	0,011	0,057 ^b	0,746	0,035 ^a	0,196
	NIR _{0,05}	0,02	n.i. ^{**}	0,005	n.i.	0,002	n.i.

* grupy jednorodne wyznaczone przy użyciu testu Tukeya, $\alpha < 0.05$, ** statystycznie nieistotne

Spośród obiektów nawozowych największą zawartość Pb i Cd wykazano w roszonej nawozonej kompostem, a chromu nawozonej saletrą wapniową. Istotnie najmniejszą zawartością Pb charakteryzowała się roszonej nawozonej azotanową formą azotu, natomiast Cd i Cr formą mieszaną N-NO₃ + N-NH₄. W odniesieniu do obiektu kontrolnego, rośliny w ww. obiektach zawierały mniej ołowiu o 24%, chromu o 44% i kadmu o 50%. Mniejsza zawartość metali ciężkich w roszonej nawozonej z azotem mineralnym mogła być spowodowana większą masą rozetki uzyskanej pod wpływem nawożenia saletrą amonową i wapniową [10]. Oceniając natomiast wpływ terminu uprawy stwierdzono, że roszonej uprawiana w terminie jesiennym zawierała ponad 18% więcej Cd; 29% więcej Pb i ponad 35% więcej Cr niż rośliny zebrane wiosną, przy czym różnice w zawartości Cd były statystycznie istotne (tab. 1). Pobranie i przemieszczanie metali ciężkich w roślinach jest zależne od wielu czynników w tym od: właściwości gleby, postaci pierwiastka (jon, kompleks); obecności innych metali; ilości wytworzonej biomasy i zawartości w niej danego metalu oraz gatunku rośliny [8]. Wszystkie zastosowane nawozy wpłynęły na zwiększenie pobrania Pb przez roszonej, kompost wpłynął na zwiększenie pobrania Cd a saletra wapniowa Cr w stosunku do roślin nienawożonych (tab. 1). Największe pobranie Pb przez roszonej wykazano w obiekcie nawożonym mieszaną formą azotu N-NO₃ + N-NH₄, Cd - kompostem, a Cr w obiekcie z N-NO₃, przy czym różnice te nie były udowodnione statystycznie (tab. 1). Jedynie w przypadku Cd wykazano istotnie większe pobranie tego metalu przez roszonej w terminie wiosennym niż jesiennym. Roszonej nie zależnie od terminu uprawy pobierała porównywalne ilości Cr (tab. 1). Obliczone wartości współczynnika bioakumulacji (WB) wskazują, że chrom był łatwiej akumulowany niż kadm i ołów (tab. 2). Dla chromu i kadmu stwierdzono średni stopień akumulacji (WB; 0,1-1), natomiast dla ołowiu słaby (WB; 0,01-0,1). Największe wartości WB metali ciężkich stwierdzono w roślinach kontrolnych, najmniejsze zaś w roszonej nawozonej saletrą amonową (Cd) oraz kompostem (Pb, Cr). W badaniach Jabłońskiej Ceglarek i in. [7] kapusta, buraki oraz sałata nawożone organicznie również charakteryzowały się niższym współczynnikiem bioakumulacji Pb niż rośliny z obiektu bez nawożenia.

Tab. 2. Współczynnik bioakumulacji (WB) ołowiu, kadmu i chromu

Obiekt doświadczalny	Wartość współczynnika bioakumulacji		
	Pb	Cd	Cr
Kontrola	0,062	0,190	0,409
N-NO ₃	0,054	0,141	0,374
N-NO ₃ + NH ₄	0,056	0,118	0,292
Kompost	0,051	0,155	0,280

Wpływ mineralnego nawożenia azotowego na skład chemiczny roślin był przedmiotem wielu badań, natomiast mniej poznane jest działanie azotu z nawozów organicznych [12,13,19].

Zmniejszenie zawartości badanych metali ciężkich w roszone pod wpływem nawożenia saletrą wapniową i amonową w porównaniu do roślin nienawożonych wynika niewątpliwie z plonotwórczego działania azotu mineralnego. Atutem nawozów organicznych jest natomiast to, że oprócz dostarczania dla roślin niezbędnych składników pokarmowych, są dobrym substratem do tworzenia próchnicy glebowej, a ich działanie nawozowe jest rozłożone w czasie [3]. Przydatne dla produkcji rolniczej i ogrodniczej mogą być komposty uzyskiwane z różnorodnych odpadów organicznych oraz nawozy zielone [2,5,15]. Jak podaje Jabłońska-Ceglarek i in. [6,7] zastosowanie nawozów zielonych i obornika spowodowało zmniejszenie zawartości Pb i Cd w kapuście białej oraz burakach ćwikłowych. Zwiększenie zawartości materii organicznej w glebie spowodowało również ograniczenie pobrania ołowiu przez sałatę [4]. W niniejszych badaniach wykazano również pozytywny wpływ kompostu na zmniejszenie się zawartości Pb, Cd i Cr w roszone. Uzyskane wyniki potwierdzają tezę, że zwiększona zawartość substancji organicznej w glebie ogranicza rozpuszczalność kadmu oraz ołowiu i przyczynia się do ograniczenia ich pobierania przez rośliny. Niemniej jednak o możliwości zastosowania kompostów do celów ogrodniczych decyduje między innymi zawartość metali ciężkich, która nie może przekroczyć dopuszczalnych norm [14,16]. Przeciętna zawartość Pb – 0,18 mg, Cd – 0,01 mg · kg⁻¹ ś. m. w roszone świadczy o tym, że nie została przekroczona dopuszczalna granica ich zawartości, przewidziana dla roślin konsumpcyjnych [17].

4. WYNIKI

1. Zróżnicowane nawożenie azotem wpłynęło na zmniejszenie zawartości Pb, Cd i Cr w roślinie. Najmniejszą zawartość Cr i Cd wykazano w roszone nawożonej saletrą amonową, a Pb saletrą wapniową.
2. Roszonka uprawiana w terminie jesiennym charakteryzowała się większą zawartością Cr, Pb w porównaniu do rośliny zebranej wiosną.
3. Przeciętna zawartość metali ciężkich: 0,18 mg Pb, 0,01 mg Cd · kg⁻¹ ś. m. w roszone świadczy o tym, że nie została przekroczona dopuszczalna granica przewidziana dla warzyw.

LITERATURA

1. Czarnowska K., Gworek B. 1994. *Pierwiastki śladowe w warzywach liściastych i owocach z ogrodów działkowych dzielnicy Warszawa-Moktów*. Roczn. Glebozn. XLV, 1/2, 37-43.
2. Franczuk J., Jabłońska-Ceglarek R., Zaniewicz-Bajkowska A. 1999. *Zróżnicowanie plonowania wybranych gatunków warzyw w zależności od rodzaju nawożenia organicznego*. Zesz. Prob. PNR, 466, 323-334.
3. Gambuś F., Wieczorek J. 1999. *Skład chemiczny i wartość nawozowa kompostów i wermikompostów z osadów ściekowych nadmiernie zanieczyszczonych metalami ciężkimi*. Zesz. Prob. PNR, 467, 513-520.
4. Gawęda M. 1999. *Wpływ niektórych składników podłoża na zmiany w składzie mineralnym salaty uprawianej na podłożach zawierających ołów*. Zesz. Prob. PNR 466, 429-439.
5. Jabłońska-Ceglarek R., Zaniewicz-Bajkowska A., Franczuk J. 1999a. *Ograniczenie pobierania kadmu i ołowiu z gleby przez warzywa (kapusta głowiasta biała, burak ćwikłowy) poprzez nawożenie organiczne w postaci międzyplonów ozimych, słomy żytniej i obornika*. Zesz. Prob. PNR, 466, 365-371.
6. Jabłońska-Ceglarek R. i in. 1999b. *Wpływ wapnowania gleby na zawartość w niej dostępnych dla roślin form kadmu i ołowiu oraz na ich pobranie z gleby przez warzywa (kapusta głowiasta biała, burak ćwikłowy)*. Zesz. Prob. PNR, 466, 381-386.
7. Jabłońska-Ceglarek R. i in. 2003. *Nawożenie organiczne i wapniowanie gleby a zawartość ołowiu w warzywach*. *Acta Scientiarum. Polonorum, Hortorum Cultus*, 2(1), 31-45.
8. Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa
9. Kabata-Pendias A. i in. 1995. *Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb - metale ciężkie, siarka i WWA*. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska. Bibliot. Monit. Środ., Warszawa, 41 ss.
10. Kołton A., Baran A., Kamińska I. 2008. *Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotowego na wielkość plonu oraz wybrane parametry jakościowe roszonej warzywnej (Valerianella Locusta (L.) Latter)*. Mat. Konf. II Ogólnopolskiej Konferencji Doktorantów 15. 03. 2008, Kraków (praca w druku).
11. Kozik E., Ruprik B. 2000. *Skład chemiczny salaty uprawianej w różnych podłożach przy wzrastającym nawożeniu azotem*. Roczn. AR w Poznaniu, ser. Ogrodnictwo, 31 (1), 351-355.
12. Kropisz A. 1980. *Wpływ współdziałania nawozów organicznych i mineralnych na plon i kapusty, marchwi, i szpinaku oraz właściwości chemiczne gleby*. Roczn. Glebozn. XXXI, 3/4, 219-225.
13. Michałojć Z. M. 2006. *Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem oraz terminu zbioru na plonowanie i skład chemiczny salaty*. Zesz. Prob. PNR, 513, 277-283.
14. Norma Branżowa 1989. *Unieszkodliwianie odpadów miejskich. Kompost z odpadów miejskich*, BN-89/9103-09.
15. Raviva M. 1999. *Horticultural uses of composted materials*. *Acta Hort.*, 469, 225-234.
16. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 sierpnia 2002 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, Dz. U. nr 134, poz. 1140.
17. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 roku w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, Dz.U. nr 37, poz. 326.
18. Spiak Z., Radoła J., Romanowska M. 2000. *Wpływ nawożenia fosforowego i azotowego na pobranie cynku przez rośliny*. Zesz. Prob. PNR 471, 521-528.
19. Wójcik-Wojtkowiak D., Politycka B., Mielczak B. 2000. *Wartość biologiczna warzyw nawożonych ziemią kompostową*. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie, 364, 209-212.

EFFECT OF DIFFERENT NITROGEN FERTILIZATION ON HEAVY METALS
ACCUMULATION IN CORN SALAD LEAVES BIOMASS

The researches were conducted in spring and autumn of 2007 year. The experiment comprised 4 treatments: I - control (without fertilization), II – fertilized with $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, III - fertilized with NH_4NO_3 , III - fertilized with compost. The different nitrogen fertilization influence on the decrease of the content Pb, Cd and Cr in the corn salad. From among fertilizing objects the least content Cr and Cd was showed in the corn salad fertilised with NH_4NO_3 , and Pb fertilised with the $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. The corn salad autumn harvested was characterized with the greater content Cr, Pb comparatively to the plant spring harvested. The average content of heavy metals: 0,18 mg Pb, 0,01 mg · kg⁻¹ f. w. in the plant to attest about that did not become exceeded acceptable limit provided for vegetable