

ZAWARTOŚĆ MIKROELEMENTÓW W WARZYWACH UPRAWIANYCH NA GLEBACH O RÓŻNEJ ZAWARTOŚCI NIKLU

Waldemar Martyn, Jolanta Molas, Joanna Onuch-Amborska

Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu, Akademia Rolnicza w Lublinie

Wstęp

W ostatnich latach nikiel włączono do grupy pierwiastków pełniących rolę mikroelementów u roślin [STARCK 1998], aczkolwiek od dawna wiadomo było, że pierwiastek ten w ilościach śladowych stymuluje wzrost i rozwój wielu gatunków roślin, głównie z rodziny *Papilionaceae* [KNYPL 1980; KABATA-PENDIAS i PENDIAS 1999]. Nikiel wchodzi w skład ureazy, enzymu uczestniczącego w przemianach związków azotowych w roślinach [DIXON i in. 1975, 1976] oraz jest aktywatorem wielu innych enzymów, w tym m.in. hydrogenaz i oksydoreduktaz [VAN ASSCHE, CLUSTERS 1990]. Pierwiastek ten wpływa więc na przebieg wielu procesów metabolicznych i fizjologicznych u roślin [MISHRA, KAR 1974; VAN ASSCHE, CLUSTERS 1990], w tym też na ich gospodarkę mineralną [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999].

Nikiel występuje w interakcji typu antagonistycznego z Ca, K, Mg, P, Fe i Mn, w możliwym antagonizmie z Co, natomiast z Cu i Zn może występować zarówno w układzie antagonistycznym, jak i synergistycznym [CATALDO i in. 1978; KABATA-PENDIAS i PENDIAS 1999]. Nikiel wpływa więc zarówno na bioprzyswajalność, jak i biologiczny efekt działania *in vivo* pierwiastków, z którymi jest w interakcji i odwrotnie pierwiastki te determinują bioprzyswajalność oraz biologiczny efekt jego działania.

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu niklu na zawartość Fe, Mn, Cu i Zn w warzywach liściastych i korzeniowych uprawianych na glebach o naturalnej i podwyższonej zawartości tego pierwiastka.

Materiał i metody

Uprawę kapusty (*Brassica oleracea* L., odmiany Sława z Enkhouizen), sałaty (*Lactuca sativa* L. odmiany Bona), buraka ćwikłowego (*Beta vulgaris* L. odmiany Crosby) oraz marchwi (*Daucus carota* L. odmiany Karo) przeprowadzono w 2 ogródkach działkowych położonych w różnej odległości od zakładów tłuszczowych „Bolmar” na terenie regionu zamojskiego. Wcześniejsze badania zespołu wykazały, że zależnie od odległości od zakładu gleba ze zlokalizowanych tam wiejskich ogrodów warzywnych różni się zawartością metali, w tym przede wszystkim zawartością niklu [KASPRZYCKA i in. 1998; MARTYN i in. 1998]. Należy zaznaczyć, że nikiel wykorzystywany jest w tym zakładzie jako katalizator w procesie technolo-

gicznym tłuszczów utwardzonych, a w otaczającym zakład środowisku rolniczym pochodzi on zarówno z wymywania odpadów (tzw. ziemi bielącej) składowanych na terenie zakładu, jak i z energetycznego spalania węgla.

Przed vegetacją roślin z wyznaczonych ogrodów pobrano próby gleb, przy czym z każdego ogrodu pobrano po 25 prób indywidualnych z warstwy powierzchniowej, tj. do 20 cm głębokości, z których przygotowano tzw. średnie próby ważone [OSTROWSKA i in. 1991]. Skład granulometryczny gleb oznaczono metodą Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, pH w roztworze KCl o stężeniu 1 mol·dm⁻³ metodą potencjometryczną, zawartość Ni oraz Fe, Mn, Cu i Zn metodą spektrometrii absorpcji atomowej, po uprzedniej mineralizacji prób glebowych w roztworze HCl o stężeniu 1 mol·dm⁻³ [OSTROWSKA i in. 1991]. Warzywa do analiz chemicznych pobrano w fazie ich dojrzałości konsumpcyjnej. Pobrane próby roślin wysuszono do materiału powietrznie suchego, który po zmieleniu mineralizowano w mieszaninie kwasów HClO₄ i HNO₃ (1 : 3) [OSTROWSKA i in. 1991]. Zawartość Ni oraz Fe, Mn, Cu i Zn oznaczono metodą spektrometrii absorpcji atomowej [OSTROWSKA i in. 1991], przy użyciu spektrometru typu ELMER 1100. Zawartość pierwiastków oznaczono tylko w organach konsumpcyjnych roślin, tj. w liściach kapusty i sałaty oraz w korzeniach marchwi i buraka ćwikłowego.

Wyniki i dyskusja

Gleby pyłowe, na których przeprowadzono uprawę warzyw w niewielkim stopniu zróżnicowane były pod względem zawartości części spławialnych (tab. 1), które istotnie determinują bioprzyswajalność niklu i innych pierwiastków [TERELAK, PIOTROWSKA 1997; KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999]. Gleby te wykazywały odczyn kwaśny, nie były zróżnicowane pod względem zawartości Fe, Mn, Cu i Zn, a istotnie różniły się zawartością niklu (tab. 1). Oznaczone zawartości Fe, Mn i Cu w glebach pobranych z obu ogrodów pozwoliły je zaliczyć do gleb średnich o naturalnej zawartości tych pierwiastków, natomiast oznaczone zawartości Zn pozwoliły je zaklasyfikować do gleb pierwszego stopnia zanieczyszczenia tym metalem [ANONIM 1998].

Tabela 1; Table 1

Niektóre właściwości fizykochemiczne gleb z ogrodów doświadczalnych
Some physical and chemical properties of soils from experimental gardens

Nr ogrodu Garden no	% frakcji < 0,02 mm % fraction of < 0.02 mm	pH _{KCl}	Zawartość metali; Content of metals (mg·kg ⁻¹ gleby; soil)				
			Ni	Fe	Mn	Cu	Zn
1	32	5,7	21,7 (0°)	7 936,7 (0°)	384,5 (0°)	13,1 (0°)	81,4 (I°)
2	29	5,3	57,8 (II°)	8 160,1 (0°)	392,3 (0°)	14,4 (0°)	92,0 (I°)

0st, Ist, IIst – stopnie zanieczyszczenia gleb średnich nikiem [ANONIM 1998]; Degree of soil pollution with nickel [ANONIM 1998]

W przeprowadzonych badaniach zanotowano zależność między zawartością Ni w glebie a jego zawartością w badanych roślinach. W większej ilości nikiel akumulowany był w warzywach uprawianych na glebach zanieczyszczonych tym

metalem niż w warzywach uprawianych na glebach o naturalnej jego zawartości, przy czym w większej ilości pierwiastek ten akumulowany był w warzywach liściastych niż korzeniowych (tab. 2, 3). Także Fe i Mn w większej ilości akumulowane były w warzywach liściastych niż korzeniowych, natomiast Cu i Zn w warzywach korzeniowych (tab. 2, 3). Jak ilustrują tabele 1, 2 i 3 pomimo, że zawartość Fe, Mn, Cu i Zn w glebach z obu ogrodów była zbliżona, to pierwiastki te akumulowane były przez badane gatunki warzyw w różnej ilości. Generalnie notowano redukcję zawartości Fe i Mn w warzywach uprawianych na glebach zanieczyszczonych nikiem w drugim stopniu w stosunku do warzyw uprawianych na glebach o naturalnej jego zawartości (tab. 2, 3). Współczynnik akumulacji Fe w warzywach z ogrodu 2 był dwukrotnie mniejszy niż w warzywach z ogrodu 1, także współczynnik akumulacji Mn był obniżony, aczkolwiek w znacznie mniejszym stopniu niż współczynnik akumulacji Fe (tab. 4). Wynik ten potwierdza bardzo silny antagonizm między Ni a Fe, jak też wskazuje na antagonizm między Ni a Mn, aczkolwiek znacznie łagodniejszy niż w przypadku Ni i Fe. Wiadomo, że Ni występuje w interakcji typu antagonistycznego z Fe i Mn, przy czym szczególnie niebezpieczny dla roślin jest antagonizm między Ni a Fe, gdyż nawet niewielki nadmiar Ni przy niedoborze Fe jest wysoce szkodliwy dla roślin [KABATA-PENDIAS, PENDIAS 1999; MATRASZEK 1999]. Przejawem wpływu niklu na bioprzyswajanie Fe i Mn były zmiany stosunku Ni : Fe i Ni : Mn (tab. 5), przy czym należy zaznaczyć, że tylko w nieco większym stopniu został zaburzony stosunek Ni : Fe niż Ni : Mn (tab. 5).

Tabela 2; Table 2

Zawartość mikroelementów w warzywach uprawianych na glebach
o naturalnej zawartości niklu

The content of microelements in vegetables cultivated on soil not polluted with nickel

Gatunek rośliny (organ); Plant species (organ)	Zawartość metali (mg·kg ⁻¹ s.m.) Metal content (mg·kg ⁻¹ DM)				
	Ni	Fe	Mn	Cu	Zn
Kapusta; Cabbage (liście; leaves)	1,02	40,30	17,80	4,50	23,00
Salata; Lettuce (liście; leaves)	2,35	106,80	42,30	3,80	28,20
Marchew; Carrot (korzeń; root)	0,47	17,40	24,00	5,70	34,60
Burak ćwikłowy; Beetroot (korzeń; root)	0,74	33,60	17,80	6,30	40,70
Mediana; Median	0,88	36,95	20,90	5,10	31,40

Tabela 3; Table 3

Zawartość mikroelementów w warzywach uprawianych
na glebach w drugim stopniu zanieczyszczonych nikiem

The content of microelements in vegetables cultivated on soil polluted
(II nd degree) with nickel

Gatunek rośliny (organ); Plant species (organ)	Zawartość metali (mg·kg ⁻¹ s.m.) Metal content (mg·kg ⁻¹ DM)				
	Ni	Fe	Mn	Cu	Zn
Kapusta; Cabbage (liście; leaves)	3,15	17,30	15,60	6,70	30,05
Salata; Lettuce (liść; leaves)	5,35	57,80	34,00	4,50	41,50
Marchew; Carrot (korzeń; root)	1,17	16,30	19,70	8,65	48,65
Burak ćwikłowy; Beetroot (korzeń; root)	2,27	27,60	17,10	9,35	52,70
Mediana; Median	2,71	22,45	18,40	7,675	45,075

Tabela 4; Table 4

Współczynnik akumulacji badanych pierwiastków w warzywach
Accumulation coefficient of examined elements in vegetables

Nr ogrodu; Garden no	Współczynnik akumulacji; Accumulation coefficient* (%)				
	Ni	Fe	Mn	Cu	Zn
1	4,05	0,50	4,785	38,9	34,1
2	4,69	0,275	3,57	53,3	55,4

* Współczynnik akumulacji obliczono jako mediana zawartości metalu w badanych warzywach do jego zawartości w glebie x 100%; Accumulation coefficient was calculated as median content of metal in examined vegetables to its content in soil x 100 %

Warzywa uprawiane na glebach zanieczyszczonych nikiem akumulowały więcej Cu i Zn niż warzywa uprawiane na glebach o naturalnej zawartości tego metalu pomimo, że gleby nie różniły się istotnie ich zawartością (tab. 1, 2, 3). Współczynnik akumulacji Cu i Zn w warzywach uprawianych na glebach zanieczyszczonych Ni był wyższy niż w warzywach uprawianych na glebach o jego naturalnej zawartości, aczkolwiek wzrost tego współczynnika nie był duży. Można sugerować, że wskazuje to na interakcję między Ni a Cu i Zn typu synergistycznego, jednakże należy zaznaczyć, że synergizm między tymi pierwiastkami występuje wówczas, gdy występują one w koncentracjach wysokich [BECKETT, DAVIS 1978; CATALDO i in. 1978; KNYPL 1980]. W przeprowadzonych badaniach zawartości Ni i Zn w glebach były podwyższone (Zn – w I-ym stopniu, Ni – II-gim stopniu zanieczyszczenia gleb średnich), stąd pierwiastki te mogły wzajemnie stymulować swoją bioprzyswajalność. Jednakże zawartość Cu w glebach z obu ogrodów była raczej niska i odpowiadała jej naturalnej zawartości [ANONIM 1998], co w pewnym sensie eliminuje synergizm między tymi pierwiastkami. Wynik ten wskazuje tylko na to, że bioprzyswajalność Cu może być stymulowana w warunkach podwyższonej zawartości Ni w glebie nawet wówczas, gdy jej zawartość jest niska. Pomimo, że wraz ze wzrostem zawartości Ni w glebach i w roślinach notowano wzrost zawartości Cu i Zn w roślinach, to stosunek Ni : Cu i Ni : Zn zmieniał się na niekorzyść Cu i Zn, aczkolwiek w znacznie mniejszym stopniu niż w przypadku Fe i Mn (tab. 5).

Tabela 5; Table 5

Stosunek zawartości Ni do zawartości Fe, Mn, Cu i Zn w badanych warzywach
Ratio of Ni content to Fe, Mn, Cu and Zn content in examined vegetables

Nr ogrodu; Garden no	Ni : Fe	Ni : Mn	Ni : Cu	Ni : Zn
1	1 : 42,0	1 : 23,7	1 : 5,8	1 : 35,7
2	1 : 8,3	1 : 6,8	1 : 2,8	1 : 16,6

Wnioski

1. Nikiel z gleb pyłowych, kwaśnych pobierany był przez rośliny z grupy warzyw liściastych (kapusta, sałata) i korzeniowych (burak ćwikłowy, marchew) wprost proporcjonalnie do jego zawartości w glebie, przy czym w większej ilości akumulowany był w warzywach liściastych niż korzeniowych.
2. W warzywach uprawianych na glebach o drugim stopniu zanieczyszczenia

niklem zawartość Fe i Mn była zredukowana w stosunku do ich zawartości w warzywach uprawianych na glebach o naturalnej zawartości tego pierwiastka, co potwierdza antagonizm miedzy Ni a Fe i Mn.

3. Poziom akumulacji Zn i Cu w warzywach uprawianych na glebach zanieczyszczonych niklem (w II-gim stopniu) był większy niż w warzywach uprawianych na glebach o naturalnej jego zawartości, pomimo, że gleby te nie były różnicowane pod względem zawartości Cu i Zn. Wynik ten sugeruje, że Ni o ile występuje w glebie w nadmiarze, to stymuluje bioprzyswajalność Cu i Zn niezależnie od ich zawartości w glebie.

Literatura

- ANONIM 1998. *Stan środowiska w Polsce*. Raport PIOŚ. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa: 116–117.
- BECKETT P., DAVIS R.D. 1978. *The additivity of the toxic effects of Cu, Ni and Zn in young barley*. New Phytol. 81: 155–174.
- CATALDO D.A., GARLAND T.R., WILDUNG R.E. 1978. *Nickel in plants*. Plant Physiol. 62: 563–565 (p. I), 566–570 (p. II).
- DIXON N.E., GAZZOLA C., BLAKELEY R.I., ZERNER B. 1975. *Jack bean urease (E.C. 3.5.1.5) a metalloenzyme. A simple role for nickel?* J. Am. Chem. Soc. 97: 4131–4133.
- DIXON N.E., GAZZOLA C., BLAKELEY R.I., ZERNER B. 1976. *Metal ions in enzymes using ammonia or amides*. Science 191: 1144–1150.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 398 ss.
- KASPRZYCKA M., MOLAS J., MARTYN W., ONUCH-AMBORSKA J. 1998. *Zawartość Ni, Cd i Pb w środowisku glebowo-roślinnym z rejonu oddziaływania zakładu „Bolmar” S.A. Tłuszcze Roślinne*. Chem. i Inż. Ekolog. 5(11): 985–992.
- KNYPL S. 1980. *Czy nikiel jest niezbędny dla roślin?* Wiad. Bot. 24(1): 17–30.
- MATRASZEK R. 1999. *Znoszenie fitotoksyczności niklu przez jony żelazowe*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 469: 239–246.
- MARTYN W., MOLAS J., ONUCH-AMBORSKA J. 1998. *Oddziaływanie hortisoli o różnej zawartości metali ciężkich na jakość biologiczną salaty odmiany Bona*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 461: 279–289.
- MISHRA D., KAR M. 1974. *Nickel in plant growth and metabolism*. Bot. Rev. 40: 395–452.
- OSTROWSKA A., GAWLIŃSKI S., SZCZUBIAŁKA Z. 1991. *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Katalog IOŚ, Warszawa: 334 ss.
- STARCK Z. 1998. *Gospodarka mineralna roślin*, w: *Podstawy Fizjologii Roślin*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 199–205.
- TERELAK H., PIOTROWSKA M. 1997. *Nikiel w glebach Polski*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 448: 317–323.
- VAN ASSCHE F., CLIJSTERS H. 1990. *Effect of metals on enzyme activity in plants*. Plant Cell Environ. 13: 195–206.

Słowa kluczowe: gleba, cynk, interakcje między pierwiastkami, mangan, miedź, nikiel, żelazo, warzywa

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących oceny zawartości Fe, Mn, Cu, Zn i Ni w warzywach liściastych (kapusta, sałata) i korzeniowych (burak ćwikłowy, marchew) uprawianych na kwaśnych glebach pyłowych, o zbliżonej zawartości Fe, Mn, Cu i Zn, a zróżnicowanych pod względem zawartości Ni. Warzywa uprawiane na glebach zanieczyszczonych niklem charakteryzowały się obniżoną zawartością Fe i Mn, a podwyższoną zawartością Ni, Cu i Zn w stosunku do warzyw uprawianych na glebach o naturalnej zawartości Ni.

CONTENT OF THE MICROELEMENTS IN VEGETABLES CULTIVATED ON SOILS OF DIFFERENT NICKEL CONTENT

Waldemar Martyn, Jolanta Molas, Joanna Onuch-Amborska
Institute of Agricultural Sciences in Zamość,
Agricultural University, Lublin

Key words: soil, copper, elements interaction, iron, manganese, nickel, zinc, vegetables

Summary

The contents of Fe, Mn, Cu, Zn and Ni were examined in vegetables. The leafy and root vegetables (cabbage, lettuce, carrot and beetroot) were cultivated on middle acidic soils. The garden soils were of similar with Fe, Mn, Cu and Zn contents at differentiated Ni contents. The Fe and Mn contents in vegetables, cultivated on Ni polluted soil were relatively low, whereas the Ni, Cu and Zn contents were increased, as related to vegetables grown on the soil of natural Ni concentration.

Dr hab. Waldemar **Martyn**
Instytut Nauk Rolniczych
ul. Szczepkowska 102
22-400 ZAMOŚĆ