NAUČNI INSTITUT ZA RATARSTVO I POVRTARSTVO
NOVI SAD

"Zbornik radova", Sveska 38, 2003.

UTICAJ KONCENTRACIJE NIKLA NA MASU SUVE MATERIJE I MINERALNU ISHRANU GRAŠKA

Petrović, N.[1], Arsenijević-Maksimović, Ivana[1], Kastori, R.[2]

IZVOD

U polukontrolisanim uslovima, metodom vodenih kultura, ispitana je reakcija različitih genotipova graška na prisustvo Ni u hranljivom supstratu. Ispitivane koncentracije Ni su različito uticale na masu suve materije. Kod biljaka sorte Junior koncentracije Ni 10^{-8} i 10^{-7} M, povećale su masu suve matrije za 20%, u odnosu na kontrolu, a kod sorti Moravac i Jezero od 5 do 10%. Niže koncentracije Ni u hranljivom rastvoru povoljno su uticale na sadržaj hlorofila, intenzitet transpiracije i intenzitet disanja. Nikal nije značajno uticao na sadržaj i raspodelu N, P i K u grašku, ali je uticao na sadržaj Ca, Mg i posebno Fe.

KLJUČNE REČI: grašak, koncentracija nikla, masa suve materije, pigmenti hloroplasta, intenzitet transpiracije, intenzitet disanja, mineralna ishrana.

Uvod

Nikal se smatra neophodnim mikroelementom za neke više biljke (Mishra i Kar, 1974, Eskew et al., 1984, Brown et al., 1987), životinje i čoveka (Solomons, 1984). Međutim, pri visokim koncentracijama u supstratu, Ni, slično drugim teškim metalima, deluje veoma toksično na biljke, životinje i čoveka (Bingham et al., 1986, Farago i Cole, 1986, Hammoud i Foulkes, 1986, Nieboer i Nragu, 1992).

Reakcija biljnih vrsta na prisustvo nikla u hranljivom supstratu je različita (Piccini i Malavolta, 1992). Tako na primer *Dactylis glomerata* L., u istim uslovima ispitivanja, sadrži čak 15 puta više Ni nego kukuruz (Chaney, 1983).

Neophodnost Ni za biljke posebno se ističe nakon otkrića da je Ni komponenta enzima ureaze (Dixon et al., 1975, Fisbbein et al., 1976). U slučaju nedostatka Ni u hranljivom supstratu, na primer kod soje i paradajza, dolazi do poremećaja u metabolizmu uree, i do njenog nakupljanja u toksičnim

1 Dr Novica Petrović, dr Ivana Arsenijević-Maksimović, Poljoprivredni fakultet i Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad
2 Dr Rudolf Kastori, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

koncentracijama (Shimada i Ando, 1980, Eskew et al., 1984). Na neophodnost Ni, posebno za leguminoze ukazuje i značajno veća aktivnost ureaze u semenu nego u vegetativnim organima (Bailey i Boulter, 1971), kao i činjenica da se azot kod ovih vrsta u najvećoj meri premešta u obliku ureida kao što je alantoin i alantoinska kiselina (Welch, 1981, Walker et al., 1985). Istovremeno treba imati u vidu i uticaj Ni na aktivnost nitrogenaze (Cammock, 1995). Naime primenom Ni u količini od 40 g Ni/ha podstiče se obrazovanje kvržica i povećava prinos većine leguminoznih biljaka (Bertrand i De Wolff, 1973).

Kritična koncentracija Ni, pri kojoj se uočavaju vizuelni simptomi njegovog nedostatka kod ječma i drugih žitarica iznosi 30 μg/kg suve materije, zbog čega se Ni svrstava u neophodne ultramikroelemente (Asher, 1991).

Imajući navedeno u vidu smatralo se da je od interesa da se ispita uticaj različitih koncentracija Ni na rastenje mladih biljaka graška, kao i na sadržaj i distribuciju Ni, N, P, K, Ca, Mg i Fe.

Materijal i metod

Ogledi su izvedeni u polukontrolisanim uslovima u staklari sa tri genotipa graška: Moravac, Junior i Jezero. Mlade biljke su nakon klijanja u vermikulitu presađene i gajene metodom vodenih kultura na potpunom hranljivom rastvoru sledećeg sastava: (u mM) 2,5 NH_4NO_3, 2,5 CH_4N_2O (urea), 1,0 KH_2PO_4, 1,0 $CaCl_2$, 1,0 $MgSO_4 \times 7H_2O$, i (u μM) 21,3 B, 4,6 Mn, 0,88 Zn, 0,16 Cu, 0,052 Mo i 8,95 Fe u obliku $FeCl_3$. Na ovom hranljivom rastvoru biljke su gajene nedelju dana. Biljke su zatim podeljene u pet grupa i premeštene na hranljivi rastvor istog sastava, kome je dodat Ni u obliku NiSO4 u četiri različite koncentracije i to: 0 (kontrola), 10^{-8},10^{-7}, 10^{-6} i 10^{-5} M.

Nakon 21 dan utvrđena je masa sveže i suve materije korena i nadzemnog dela. Sadržaj pigmenata hloroplasta određen je spektrofotometrijski u apsolutnom acetonu, intenzitet transpiracije gravimetrijski, a intenzitet disanja manometarskom metodom na aparatu Warburg-a. Sadržaj ukupnog azota utvrđen je metodom Kjeldahla-a, kalijum plamenfotometrijski, a fosfor spektrofotometrijski amonijum vanadat-molibdat metodom. Udeo Ca, Mg, Fe i Ni određen je pomoću AAS.

Rezultati su obrađeni izračunavanjem najmanjih statistički značajnih razlika.

Rezultati i diskusija

U zavisnosti od koncentracije u hranljivom supstratu, gajene vrste ili genotipa, kao i drugih činilaca nikal može da podstiče ili inhibira rastenje i razviće biljaka. Tako na primer, koncentracije Ni do 100 μM povoljno su uticale na rastenje korena i nadzemnog dela pšenice (Pandolfini et al., 1996). Povoljan efekat Ni na rastenje pamuka i paradajza potvrđen je nakon predsetvenog tretiranja njihovog semena razblaženim rastvorima Ni (Eskew et al., 1984, Moral et al., 1994).

Tab. 1. Uticaj koncentracije nikla na masu suve materije nadzemnog dela i korena genotipova graška (% u odnosu na kontrolu)

Tab. 1. Effect of nickel concentration on dry matter mass of above-ground part and root of different pea genotypes (% of control)

Koncentracija Ni u M Ni concentration in M (A)	Genotipovi - Genotypes (B)		
	Moravac	Junior	Jezero
	Nadzemni deo - Above ground parts		
Kontrola - Control	100,00	100,00	100,00
10^{-8}	108,92	125,11	104,50
10^{-7}	105,43	120,62	107,20
10^{-6}	99,32	111,11	95,11
10^{-5}	87,10	87,23	89,91
	A	B	AB
LSD 5%	8,21	10,34	13,35
	Koren -Roots		
Kontrola - Control	100,00	100,00	100,00
10^{-8}	109,61	104,32	110,70
10^{-7}	110,33	120,41	105,43
10^{-6}	97,36	104,00	98,22
10^{-5}	82,96	86,82	89,36
	A	B	AB
LSD 5%	8,11	10,12	13,16

Rastenje i razviće mladih biljaka graška, a time i nakupljanje mase suve materije nadzemnog dela i korena, takođe je vidno zavisilo kako od gajenog genotipa tako i od ispitivanih koncentracije nikla (Tab 1). Uopšteno može se reći da su niže koncentracije Ni povoljno uticale na nakupljanje suve materije u nadzemnom delu i korenu kod sva tri genotipa graška. Reakcija ispitivanih genotipova na prisutne koncentracije nikla u hranljivom rastvoru bila je različita. Kod sorte Junior koncentracija od 10^{-7} M u hranljivom rastvoru povećala je masu suve materije nadzemnog dela i korena čak za 20% u odnosu na kontrolu. Kod genotipova Moravac i Jezero masa suve materije se pod uticajem Ni povećala za 5 do 10%.

Yang et al. (1996) takođe ističu da niže koncentracije nikla u hranljivom supstratu kod nekih vrsta mogu povoljno da deluju na povećanje mase suve materije. Pomenuti autori su utvrdili da koncentracije nikla do 60 μM kod kukuruza i bele deteline podstiču, a kod kupusa i engleskog ljulja smanjuju masu suve materije. Različita reakcija pojedinih vrsta, sorata ili genotipova na prisustvo Ni uočena je od strane brojnih autora (Piccini i Malavolta, 1992, Yang et al., 1996).

Ispitivane koncentracije nikla su najviše uticale na povećanje mase suve materije sorte Junior. Stoga je uticaj koncentracije Ni na sadržaj i koeficijent biološke akumulacije Ni, kao i na sadržaj pigmenata hloroplasta, intenzitet transpiracije i disanja i na hemijski sastav ispitan kod ove sorte.

Tab. 2. Uticaj koncentracije nikla na nakupljanje nikla u mladim biljkama graška, sorte Junior

Tab. 2. Effect of nickel concentration on nickel accumulation in young pea plants, cultivar Junior

Koncentracija Ni u M Concentration of Ni in M	mg Ni/kg suve materije - dry matter		µg Ni/biljka - plant		Koeficijent biološke akumulacije Ni Coefficient of biological accumulation of Ni	
	Nadzemni deo Above-ground parts	Koren Roots	Nadzemni deo Above-ground parts	Koren Roots	Nadzemni deo Above-ground parts	Koren Roots
Kontrola Control	1,0	1,2	0,2	0,5	-	-
10^{-8}	22,0	23,0	32,0	7,2	10,000	0,800
10^{-7}	26,2	28,4	38,6	8,7	1,600	0,200
10^{-6}	38,6	49,2	52,0	13,3	0,300	0,066
10^{-5}	61,6	300,2	60,4	69,0	0,033	0,062

Efekat nikla na rastenje biljaka i masu suve materije, pored ostalog, zavisi od koncentracije Ni u hranljivom supstratu, brzine njegovog usvajanja i premeštanja iz korena u nadzemne delove. U mladim biljkama graška, sorte Junior, sa povećanjem koncentracije nikla u hranljivom supstratu vidno se povećava njegova koncentracija i u korenu, i u nadzemnom delu (Tab. 2). Istovremeno, visok udeo Ni u nadzemnom delu, pri svim primenjenim koncentracijama, potvrđuje njegovu dobru pokretljivost u biljkama. Različit odnos sadržaja Ni u nadzemnom delu i korenu može da ukaže na odnos sadržaja Ni u nadzemnom delu i korenu, odnosno na visinu koeficijenta biološke akumulacije Ni. Oba pokazatelja su se značajno smanjila sa povećanjem koncentracije Ni u hranljivom rastvoru. Pri uobičajenom sadržaju Ni u hranljivom supstratu koeficijent njegove biološke akumulacije kod različitih biljnih vrsta u proseku iznosi 0,1 (Mishra i Kar, 1974).

Sadržaj i distribucija Ni kod pojedinih vrsta zavisi od brojnih spoljašnjih i unutrašnjih činilaca, na primer, od pristupačnosti prisutnog Ni za biljke (Salt et al., 1995), biljne vrste (Guo i Marschner, 1995), starosti biljaka (Sattelmacher et al., 1998) i dr.

Više biljke sadrže različite količine Ni, i to u proseku od 0,05 do 5,0 mg/kg suve materije. Kod većine vrsta usvajanje Ni je naročito intenzivno u početnim fazama rastenja i razvića, sa starošću biljaka se smanjuje, tako da u tom periodu njegov udeo stagnira ili se čak smanjuje (Brown et al., 1987). Raspodela Ni u pojedinim organima različitih vrsta je nejednaka. Nikal se nakuplja naročito u listovima i stablu, a znatno manje u plodovima. U većini slučajeva Ni se u najvećoj meri transportuje u metabolitičkim aktivnim delovima biljaka (Welch, 1981). Zavisno od koncentracije Ni u hranljivom supstratu njegovo nakupljanje u pojedinim kompartimentama ćelije je različito. Pri nižim koncentracijama u hranljivom supstratu obično se akumulira u vakuoli, a pri visokim u ćelijskom

zidu (Palacios et al., 1995). Isto tako, treba imati u vidu da Ni, slično drugim teškim metalima, u značajnim količinama može da se nakuplja u korenu (Mishra i Kar, 1974).

Tab. 3. Uticaj koncentracije nikla na sadržaj pigmenata hloroplasta u mladim biljkama graška, sorte Junior (mg/g suve materije)

Tab. 3. Effect of nickel on content of chloroplast pigments in young pea plants, cultivar Junior (mg/g dry matter)

Koncentracija Ni u M Ni concentration in M	Hlorofil Chlorophyll a	Hlorofil Chlorophyll b	Hlorofil Chlorophyll a+b	Hlorofil Chlorophyll a/b	Karotenoidi Carotenoids	Hlorofil a+b / Karotenoidi Chlorophyll a+b / Carotenoids
Kontrola Control	10,8	5,9	16,7	1,8	2,3	7,3
10^{-8}	11,4	6,0	17,4	1,9	2,4	7,3
10^{-7}	11,5	6,3	17,8	1,8	2,5	7,1
10^{-6}	12,3	6,6	18,9	1,9	2,8	6,8
10^{-5}	9,7	5,8	15,5	1,6	2,2	7,0
LSD 5%	0,89	0,50	1,43	0,15	0,20	0,59

Sadržaj pigmenata hloroplasta je takođe značajno zavisio od primenjene koncentracije nikla. Tako na primer, Ni nije značajnije uticao na udeo karotenoida i hlorofila b ali je, posebno pri nižim koncentracijama, povećao sadržaj hlorofila a (Tab. 3). Najveća primenjena koncentracija Ni je negativno uticala na sadržaj pigmenata hloroplasta, kao i na ostale analizirane pokazatelje.

Tab. 4. Uticaj koncentracije nikla na intenzitet transpiracije i intenzitet disanja mladih biljaka gra ka, sorte Junior

Tab. 4. Effect of nickel concentration on transpiration rate and respiration rate of young pea plants, cultivar Junior

Koncentracija Ni u M Ni concentration in M	Intenzitet transpiracije (g H_2O/g suve materije/h) Transpiration rate (g H_2O/g DW/h)	Intenzitet disanja (µl O_2/g suve materije/h) Respiration rate (µl O_2/g DW/h)	
		Nadzemni deo Above-ground part	Koren Root
Kontrola Control	262,4	46,3	123,6
10^{-8}	282,9	58,0	152,5
10^{-7}	293,4	65,3	179,6
10^{-6}	311,8	78,2	196,8
10^{-5}	278,2	39,3	150,7
LSD 5%	22,3	5,9	13,3

Mishra i Kar (1974) već su konstatovali da niže koncentracije Ni u hranljivom supstratu mogu povoljno da utiču na udeo hlorofila, karotena i ksantofila. Ne

samo da niže koncentracije Ni u hranljivom supstratu mogu povoljno da utiču na nakupljanje pigmenata hloroplasta, već se pomenuti efekat nikla uočava čak i nakon predsetvenog tretiranja semena razblaženim rastvorima Ni. Pretpostavlja se da Ni u suvišku ometa ugrađivanje Mg u molekul protoporfirina, i/ili podstiče degradaciju molekula hlorofila (Mishra i Kar, 1974, Eskaw et al., 1983). Značajno smanjenje sadržaja hlorofila, posebno hlorofila a kod biljaka kukuruza, uočeno je tek pri njihovom gajenju u prisustvu većih koncentracija Ni, na primer, pri koncentracijama većim od 10^{-3} M (Gerendás et al., 1999).

Slično drugim esencijalnim teškim metalima, zavisno od koncentracije u hranljivom supstratu nikal može da utiče na vodni režim biljaka. Tako na primer, Pandolfini et al. (1996) kod biljaka pšenice uočavaju značajnu promenu u veličini osmotskog potencijala i relativnog sadržaja vode u prisustvu nikla. Kod mladih biljaka graška koncentracije nikla od 10^{-8} do 10^{-6} M su pospešile odavanje vode, odnosno povećale su intenzitet transpiracije (Tab. 4), čime su podstakle ne samo promet vode već i većine mineralnih i niskomolekularnih organskih materija.

Tab. 5. Uticaj nikla na sadržaj N, P, K, Ca, Mg i Fe u mladim biljkama graška, sorte Junior (% u suvoj materiji)

Tab. 5. Effect of nickel on contents of N, P, K, Ca, Mg and Fe in young pea plants, cultivar Junior (% in dry matter)

Koncentracija Ni u M Ni concentration in M	Azot Nitrogen	Fosfor Phosphorus	Kalijum Potassium	Kalcijum Calcium	Magnezijum Magnesium	Gvožđe Iron
Nadzemni deo - Above-ground parts						
Kontrola Control	5,10	0,82	3,04	0,63	0,22	0,11
10^{-8}	4,92	0,81	3,17	0,64	0,25	0,13
10^{-7}	4,94	0,85	3,10	0,67	0,25	0,14
10^{-6}	5,03	0,86	3,00	0,70	0,25	0,15
10^{-5}	5,01	0,98	2,94	0,62	0,24	0,16
LSD 5%	0,41	0,074	0,24	0,052	0,022	0,012
Koren - Roots						
Kontrola Control	4,72	1,22	4,75	0,20	0,31	0,55
10^{-8}	4,73	1,23	4,92	0,22	0,31	0,67
10^{-7}	4,76	1,22	5,23	0,20	0,32	0,60
10^{-6}	4,64	1,29	5,15	0,20	0,34	0,60
10^{-5}	4,70	1,16	5,06	0,21	0,34	0,60
LSD 5%	0,38	0,082	0,43	0,016	0,028	0,051

Brojni autori su do sada uočili da niže koncentracije nikla u hranljivom supstratu podstiču, a veće smanjuju intenzitet disanja (Miller et al., 1970, Petrović, 1980). Intenzitet disanja nadzemnog dela i korena kod mladih biljaka

graška, takođe je vidno zavisio od njihove obezbeđenosti niklom (Tab. 4). Dobijeni rezultati u ovim ispitivanjima nedvosmisleno ukazuju da nikal značajno može da utiče ne samo na promet meterije već i energije što je u saglasnosti sa rezultatima Gerend s et al., 1999.

Veći broj autora utvrdio je da Ni može da utiče na usvajanje i metabolizam neophodnih elemenata. Smanjenje ili povećanje usvajanja ili transporta neophodnih mineralnih elemenata iz korena u nadzemne delove, pored ostalog zavisi i od vrste i koncentracije pristupačnih teških metala u hranljivom supstratu, vrste neophodnog mineralnog elementa, biljne vrste, genotipa i dr. (Yang et al., 1996, Kastori et al., 1997).

Dobijeni rezultati ukazuju da proučavane koncentracije Ni nisu značajno uticale na sadržaj azota, fosfora i kalijuma u nadzemnom delu i korenu (Tab. 5). Nasuprot tome udeo kalcijuma, magnezijuma, a posebno gvoždja značajno je zavisio od obezbeđenosti biljaka niklom. Uopšteno može se reći da je koncentracija Ni od 10^{-6} M najpovoljnije uticala na sadržaj i raspodelu Ca, Mg i Fe.

Palacios et al. (1998) smatraju da Ni kod biljaka paradajza može putem sinergizma da utiče na usvajanje azota. Naime, pomenuti autori su utvrdili da niže koncentracije Ni u hranljivom supstratu kod većine vrsta mogu da podstiču nakupljanje azota. Niže koncentracije Ni su kod ječma uticale ne samo na dinamiku sadržaja azota već i na njegov metabolizam. Naime, kod ove vrste uočeno je značajno smanjenje udela nitrata u prisustvu Ni (Brown et al., 1990).

Efekat Ni na nakupljanje i raspodelu fosfora zavisi ne samo od prisutnih koncentracija Ni u hranljivom supstratu već i od gajene vrste. Tako na primer, Ni kod paradajza umanjuje, a kod engleskog ljulja podstiče ne samo usvajanje već i transport fosfora iz korena u nadzemne organe. Međutim, kod kupusa, kukuruza i bele deteline iste koncentracije Ni nisu značajno uticale na dinamiku sadržaja fosfora (Yang et al., 1996, Palacious et. al., 1998).

Veći broj autora, kod različitih biljnih vrsta, takođe je uočio da Ni, zavisno od koncentracije u hranljivom supstratu, može značajno da utiče na dinamiku sadržaja i metabolizam neophodnih elemenata, posebno Ca, Mg i Fe (Gyôri et al., 1996).

ZAKLJUČAK

Kod mladih biljaka graška, sorti Junior, Moravac i Jezero, metodom vodenih kultura ispitan je uticaj Ni na rastenje i razviće. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti:

Masa suve materije ispitivanih sorti graška značajno je zavisila od koncentracije Ni u hranljivom supstratu. Najuočljiviji efekat Ni ispoljen je kod sorte Junior i to pri koncentracijama 10^{-8} i 10^{-7} M. Kod sorti Moravac i Jezero ispitivane koncentracije Ni su takođe podstakle nakupljanje organske materije, ali u značajno manjoj meri u odnosu na kontrolu, svega od 5 do 10%.

Nakupljanje, raspodela i biološki koeficijent akumulacije Ni vidno su zavisili od njegove koncentracije u hranljivom supstratu. Sa povećanjem koncentracije Ni u hranljivom supstratu oba pokazatelja su se značajno smanjila.

Niže ispitivane koncentracije Ni podstakle su nakupljanje hlorofila, posebno hlorofila a, i povećale su intenzitet transpiracije i intenzitet disanja.

Nije ustanovljena zavisnost između sadržaja Ni u hranljivom rastvoru i koncentracije N, P i K u grašku. Nasuprot tome, Ni je uticao na sadržaj Ca, Mg i posebno Fe.

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da Ni ispoljava širok spektar dejstva na grašak, pa shodno tome može da utiče na rastenje, razviće i prinos biljaka.

LITERATURA

Asher, C.J. (1991): Beneficial element functional nutrients, and possible new essential elements, pp. 703-723, In: Micronutrients in Agriculture, 2nd edition SSSA Book series, no 4. Soil Science Society of America, Madison, USA.

Bailey, C.J., Boulter, D. (1971): In Harborne, J.B., Boulter, D, Turner, B.L. (eds): The chemotaxonomy of the leguminosae, Academic Presss, New York.

Bertrand, D., De Wolf, A. (1973): Importance du nickel, comme oligo l mentpour les Rhizobium des nedosites des legumineuses. C.R. Acad. Sc. Paris, 276, 1855-1858.

Bingham, F.T., Peryea, F.J., Jarrel, W.M. (1986): Metal toxicity to agricultural crops. Metal. Ions Biol. Syst., 20, 119-156.

Brown, P.H., Welch, R.M., Cary, E.E. (1987): Nickel: A micronutrient essential for higher plants. Plant Physiol., 85, 801-803.

Brown, P.H., Welch, R.M., Madison, J.T. (1990): Effect of nickel deficiency on soluble anion, amino acid, and nitrogen levels in barley. Plant and Soil, 125, 19-27.

Cammack, R. (1995): Splitting molecular hydrogen. Nature, 373, 556-557.

Chaney, R.L. (1983): Plant uptake of inorganic waste constituents, pp. 51-76, In: Parr, J.F., Marsh, P.B., Kla, J.M. (eds): Land Treatment of Hazardous Wastes, Noyes Data Corporation, Park Ridge, NJ.

Dixon, N.E., Gazzola, C., Blakeley, R.L., Zerner, B. (1975): Jack bean urease (EC 3.5.1.5). A metalloenzyme. A simple biological role for nickel. J. Amer. Chem. Soc., 97, 4131-4133.

Eskew, D. L., Welch, R.M., Carey, E.E. (1983): Nickel: An essential micronutrient for legumes and possibly all higher plants. Science, 222, 621-623.

Eskew, D.L., Welch, R.M., Norvall, W.A. (1984): Nickel in higher plants. Further evidence for an essential role. Plant Physiol., 76, 691-693.

Farago, M.E., Cole, M.C. (1986): Nickel and plants. Metals Ions Biol. Syst., 20, 47-90.

Fishbein, W.N., Smith, M.J., Nagarajan, K., Sarzi, W. (1976): The first natural nickel metalloenzyme: Urease. Fed. Proc., 35, 1680.

Gerendás, J. Polacco, J.C., Freyermuth, S.K., Sattelmacher, B. (1999): Significance of nickel for plant growth and metabolism. J. Plant Nutr. Soil Sci., 162, 241-256.

Guo, Y., Marschner, H. (1995): Uptake, distribution, and binding of cadmium and nickel in different plant species. J. Plant Nutr., 18, 2691-2706.

Gyôri, Z., Prokisch, J., Kovács, N.B., Dániel, P. (1996): Effect of fertilzation and irrigation on the nickel content of peas and soybeans. In: Fertilizers and euvironment, 495-498.

Hammond, P.B., Foulkes, E.C. (1986): Metal ion toxicity in man and animals. Metal Ions Biol. Syst., 200, 157-200.

Kastori, R., Petrović, N., Arsenijević, - Maksimović, I. (1997): Heavy metals and plants. In: Kastori, R. (ed) Heavy metals in the enviroment. Faculty of Agriculture and Research Institute of Field and Vegetable crops, Novi Sad, 195-258.

Miller, R.J., Dumford, S.W., Koeppeo, D.E., Hanson, J.B. (1970): Divalent cation stimulation of substrate oxidation by corn mitochondria. Plant Physiol., 45, 649-653.

Mishra, D., Kar, M. (1974): Nickel in plant growth and metabolism. Bot. Rev., 40, 395-452.

Moral, R., Palacios, G., Gómez, I., Navarro Pedreño, J., Mataix, J. (1994): Distribution and accumulation of heavy metals (Cd, Ni and Cr) in tomato plant. Fresenius Environ. Bull., 3, 395-399.

Nieboer, E., Nriagu, J.O. (1992): Nickel and Human Health: Current Perspectives. John Wiley & Sons, New York, NY.

Palacios, G., Gómez, I., Carbonell-Barrachina, A., Navarro Pedreño, J., Mataix, J. (1998): Effect of nickel concentration on tomato plant nutrition and dry matter yield. J. Plant Nutr., 21 (10), 2179-2191.

Palacios, G., G mez,I., Moral, R., Mataix, J. (1995): Nickel accumulation in tomato plants. Effect on plant gropwth. Fresenius Environ. Bull., 4, 469-474.

Pandolfini, T., Gabbrielli, R., Ciscato, M.(1996): Nickel toxicity two durum wheat cultivars differing in drought sensitivity. J. Plant Nutr., 19 (12), 1611-1627.

Petrović, N. (1980): Usvajanje, distribucija i translokacija (^{63}Ni) u mladim biljkama pšenice. Zbornik za prirodne nauke, Matice srpske, Novi Sad, 29-70.

Piccini, D.F., Malavolta, E. (1992): Effect of nickel on two common bean cultivars. J. Plant Nutr., 15, 2343-2356.

Salt, D.E., Blaylock, M., Kumar, N.P.B.A., Dushenkov, V., Ensley, B.D., Chet, I., Raskin, I. (1995): Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. Biotech., 13, 468-474.

Sattelmacher, S., Muhling, K.H., Pennewiß, K. (1998): The apoplast - its significance for the nutrition of higher plants. Z. Pflanzenrn hr.Bodenkd., 161, 485-498.

Shimada, N., Ando, T. (1980): Role of Nickel in Plant Nutrition (2). Effect of nickel on the assimilation of urea by plants. Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr,. 51, 493-496.

Solomons, N.W. (1984): The other trace minerals: manganese, molybdenum, vanadium, nickel, silicon, and arsenic. Curr. Top. Nutr. Diss., 12, 269-295.

Walker, C.D., Graham, R,D., Madison, J.T., Cary, E.E., Welch, R.M. (1985): Effects of nickel deficiency on some nitrogen metabolites in cowpeas (*Vigna unguiculata L.* Walp). Plant Physiol., 79, 474-479.

Welch, R.M. (1981): The biological significance of Ni. J. Plant Nutr., 3, 345-356.
Yang, X., Baligar, V.C., Martens, D.C., Clark, R.B. (1996): Plant tolerance to nickel toxicity: II Nickel effects on influx and transport of mineral nutrients in four plant species. J. Plant Nutr., 19 (2), 265-279.
Yang, X., Baligar, V.C., Martens, D.C., Clark, R.B. (1996): Plant tolerance to nickel toxicity I Influx, transport, and accumulation of nickel in four species. J. Plant Nutr., 19 (1), 73-85.

EFFECT OF NICKEL ON DRY MATTER MASS AND MINERAL NUTRITION OF YOUNG PEA PLANTS

Petrović, N.[1], Arsenijević-Maksmiović, Ivana[1], Kastori, R.[2]

[1]Faculty of Agriculture and Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad
[2]Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad

SUMMARY

In young pea plants, in semi-controlled conditions of a glasshouse, by the method of water culture, the effect of nickel on dry matter mass, chloroplast pigments content, transpiration and respiration rates, as well as mineral nutrition was investigated. Lower nickel concentrations, 10^{-8} and 10^{-7} M, had stimulating effect on shoot and root dry matter accumulation. The tested nickel concentrations, except for the highest one (10^{-5} M), induced accumulation of chloroplast pigments and increased transpiration and respiration rates. Nitrogen, phosphorus and potassium contents were not significantly affected by applied nickel concentrations in the nutrient media. On the contrary, magnesium and especially iron contents greatly depended on the amount of available nickel.

KEY WORDS: pea, nickel concentration, dry matter mass, chloroplast pigments, transpiration rate, respiration rate, mineral nutrition.