

# Uticaj selena, molibdena i cinka na rast ponika i pojavu pšeničnog žiška – *Sitophilus granarius* u zrnu tritikalea

Rudolf Kastori<sup>1</sup> i Imre Kádár<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Poljoprivredni fakultet, 21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8, Srbija  
(rudolf.kastori@dbe.uns.ac.rs)

<sup>2</sup>Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15, Hungary

## REZIME

Na karbonatnom černo zemlju, u poljskim uslovima proučeno je dejstvo različitih doza (0, 90, 270, 810 kg/ha) mikroelemenata selena, molibdena i cinka na njihovu translokaciju i akumulaciju u zrnu tritikalea, na rast ponika i zaraženost zrna pšeničnim žiškom.

Trinaest godina posle upotrebe selena, molibdena i cinka utvrđena je njihova značajna translokacija i akumulacija u zrno, što ukazuje da je dugi niz godina nakon njihove primene značajan deo ostao u zemljištu u obliku pristupačnom za biljke. Stepenn akumulacije u zrnu i u izdanku ponika bio je daleko najveći kod selena, manji kod molibdena, a znatno manji kod cinka. Stepenn akumulacije sva tri elementa u zrnu i u izdanku ponika se povećao povećanjem primenjenih doza. Indeks translokacije iz izdanka u zrno u toku njegovog nalivanja bio je najveći kod cinka, zatim kod selena, najmanji kod molibdena, a iz zrna u toku klijanja u izdanak ponika kod cinka, molibdena i selena. Indeks translokacije ispitivanih elemenata značajno se smanjio povećanjem primenjenih doza. Masa suve materije izdanka ponika smanjila se povećanjem sadržaja molibdena i cinka u zrnu, dok je visoka koncentracija selena u zrnu delovala blago stimulatивно na razvoj ponika, što ukazuje na visoku toleranciju tritikalea u početnim fazama razvoja na prisustvo veće koncentracije ovog elementa. Visoka koncentracija ispitivanih mikroelemenata u zrnu uticala je i na pojavu pšeničnog žiška. Visoke koncentracije cinka, a posebno selena, značajno su smanjile udeo oštećenih zrna, dok ih je prisustvo molibdena blago povećalo. Dejstvo cinka i molibdena može se pripisati njihovom hemijskom dejstvu, dok se u slučaju selena ne isključuje i odbojni efekat isparljivog jedinjenja selena. Uticaj kontaminacije zrna selenom, molibdenom i cinkom na rast ponika i intenzitet pojave pšeničnog žiška bio je različit, posebno u slučaju selena.

**Ključne reči:** Tritikale; selen; molibden; cink; doze; akumulacija; zrno; rast ponika; naseljenost pšeničnim žiškom

## UVOD

Mikroelementi, posebno teški metali, pored pesticida ubrajaju se u potencijalno najveće zagađivače agroekosistema. Mikroelementi u zemljište dospevaju pre svega prirodnim litogenim i pedogenim procesima, kao i aktivnostima čoveka. Najveći izvori zagađenja sredine mikroelementima su rudnici metala i metalska industrija, saobraćajna sredstva i deponije industrijskog i gradskog čvrstog i tečnog otpada (Kastori i sar., 1997). Do obogaćivanja zemljišta mikroelementima teškim metalima može doći i pri redovnom đubrenju kontaminiranim komunalnim otpadom, navodnjavanjem komunalnim vodama i primenom mineralnih đubriva sa većim sadržajem mikroelemenata (Milinović i sar., 2008). Neki mikroelementi su biogeni za sve žive organizme, neki samo za biljke ili životinje, a većina su samo balastne supstance. Mikroelementi teški metali, među njima i biogeni (Fe, Zn, Cu, Mn i dr.), pri većim koncentracijama su veoma toksični za biljke i životinje. U lanac ishrane mikroelementi ulaze pre svega preko biljaka. Stoga je od značaja poznavanje akumulacije i translokacije pojedinih mikroelemenata u biljkama, posebno u delu koji se koristi u ishrani.

Mineralna ishrana biljaka značajna je i sa stanovišta pojave štetnih organizama, patogena i fitofaga. Prekomerna i jednostrana primena azotnih mineralnih đubriva ili organskih đubriva bogatih azotom može posredno i neposredno da dovede do povećanja razmnožavanja brojnih štetočina (žitne pijavice, lisnih vaši, kukuruznog plamencica, pamukove sovice, kupusne sovice, pregljeva, korenove nematode) i uvećavanja osetljivosti biljaka na neke parazite prouzrokovaoče bolesti (Čamprag, 1994). U brojnim istraživanjima je do sada utvrđena pozitivna korelacija između obezbeđenosti biljaka azotom, sadržajem aminokiselina i širokog odnosa N/C u biljkama i intenziteta napada štetočina (Scriber i Slansky, 1981; Salim i Saxen, 1991). Posebno se ističe značaj sadržaja aminokiselina kod insekata koji se hrane isisavanjem biljnih sokova (Dreyer i Campbell, 1987), pošto se potrebe biljaka i štetnih organizama za azotom kao neophodnim, konstitucionim elementom, podudaraju. Fosfor i kalijum u većini slučajeva povećavaju tolerantnost biljaka prema prouzrokovaočima bolesti i smanjuju razmnožavanje nekih vrsta insekata. Pored biogenih makroelemenata, i neki za biljke korisni elementi, kao na primer silicijum, mogu da utiču na gustinu populacije insekata pre svega lisnih vaši (Hanisch, 1980). Mikroelementi takođe utiču na pojavu štetočina, ali o njihovom delovanju za sada ima manje podataka u literaturi (Čamprag, 1994).

Cilj ovih istraživanja je bio da se utvrdi translokacija i akumulacija selena, molibdena i cinka u zrnu tritikalea i s tim u vezi dejstvo različitog nivoa kontaminacije zrna pomenutim mikroelementima na rast ponika i pojavu značajne štetočine skladišta, pšeničnog žiška, *Sitophilus granarius* (Coleoptera : Curculionidae).

## MATERIJAL I METODE

U cilju proučavanja uticaja kontaminacije zemljišta visokim dozama mikroelemenata, pre svega teškim metalima i njihovim dejstvom na prinos, hemijski sastav gajenih vrsta, nakupljanje u biljkama i ulaženje u lanac ishrane, 1991. godine postavljen je poljski ogled sa 13 mikroelemenata. Ogled je postavljen na karbonatnom černozemu koji je u oraničnom sloju sadržao 5% CaCO<sub>3</sub> i 3% humusa. Ogled je postavljen na oglednom polju Instituta za pedologiju i agrohemiju Mađarske akademije nauka u Nagyhörcsögu. U ogledu su ispitane četiri doze mikroelemenata: 0, 90, 270 i 810 kg/ha. Mikroelementi su primenjivani u vidu soli, selen kao Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, molibden kao (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>MoO<sub>24</sub>, a cink kao ZnSO<sub>4</sub>. Sorta tritikalea Kitaro posejana je 2002. godine, a do tada su gajene različite biljne vrste. U toku gajenja tritikalea primenjivana je uobičajena agrotehnika.

Da bi se utvrdio uticaj različitog nivoa kontaminacije zrna selenom, molibdenom i cinkom na rast ponika postavljen je laboratorijski ogled. Zrno je naklijavano u termostatu na temperaturi 25°C, a zatim su ponici gajeni u komori u polukontrolisanim uslovima na dejonizovanoj vodi u petri-kutijama. Svaka varijanta je postavljena u četiri ponavljanja, a svako ponavljanje je izvršeno sa 40 biljaka. Kada su ponici dostigli visinu oko 8 cm, požnjeveni su, i biljni materijal je sušen do konstantne mase u termostatu na 60°C, nakon čega je utvrđena masa suve materije ponika.

Prisustvo pšeničnog žiška (*Sitophilus granarius*) u zrnu utvrđeno je na osnovu udela oštećenih zrna u ukupnom broju pregledanih zrna i izraženo je u procentima. Pregledano je 4 x 200 zrna. Sadržaj mikroelemenata u zrnu i u suvoj masi ponika određen je pomoću ICP (Inductively Coupled Plasme Emission Spectrometry) nakon razaranja biljnog materijala cc. HNO<sub>3</sub> + cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Stepen akumulacije ispitivanih mikroelemenata u zrnu i u izdanku, nadzemnom delu ponika, izračunat je prema Duvigneaud (Larcher, 1995) na osnovu odnosa sadržaja mikroelemenata u zrnu i izdanku tretiranih i kontrolnih biljaka (M<sub>c</sub>/M<sub>o</sub>). Indeks translokacije mikroelemenata iz zrna u izdanak u toku razvoja po-

nika izračunat je na osnovu sadržaja mikroelemenata u zrnu i izdanku (sadržaj u izdanku/sadržaj u zrnu x 100), a u toku naliivanja zrna na osnovu sadržaja mikroelemenata u izdanku, stablu i zrnu (sadržaj mikroelemenata u zrnu/izdanku x 100). Rezultati su statistički obrađeni izračunavanjem najmanje značajne razlike.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Sadržaj i stepen akumulacije ispitivanih mikroelemenata se povećanjem primenjenih doza u zrnu značajno povećao (Tabela 1). Stepem akumulacije je bio najveći kod selena, zatim molibdena, a najmanji kod cinka. Visok stepen akumulacije ukazuje da je značajna

količina primenjenih mikroelemenata i nakon 13 godina od njihove upotrebe ostala u zemljištu u obliku pristupačnom za biljke, što je utvrđeno i analizom zemljišta (Kádár i Németh, 2003). Primena visokih doza mikroelemenata imala je za cilj da se utvrdi reakcija biljaka pri ekstremnim uslovima zagađivanja zemljišta do kojeg može doći u blizini rudnika, topionica i prerade ruda, pored velikih saobraćajnica i dr. (Kádár i Kastori, 2006). Indeks translokacije iz izdanka u zrno smanjio se povećanjem primenjenih doza mikroelemenata i bio je najveći kod cinka. Cink i molibden su biogeni mikroelementi za više biljke, a selen se ubraja u korisne (Kastori i Maksimović, 2008). Potrebe žita za molibdenom su male, čime se verovatno može objasniti

**Tabela 1.** Uticaj različitih doza selena, molibdena i cinka na njihovu akumulaciju, translokaciju i rast ponika tritikalea

Parametri	Primenjene doze mikroelemenata kg/ha				LSD 5%
	0	90	270	810	
Primena Se					
Zrno					
mg Se/kg SM	0,2	84	194	236	28,1
Stepen akumulacije		420	970	1180	
Indeks translokacije	200	100	96	93	
Ponik					
mg SM/ponik	16,8	21,0	17,9	17,4	1,4
*mg Se/kg SM	0,4	117	247	286	36,0
*Stepen akumulacije		292	617	715	
*Indeks translokacije	200	139	127	121	
Primena Mo					
Zrno					
mg Mo/kg SM	0,2	21,9	28,8	46,4	20,0
Stepen akumulacije		109	144	232	
Indeks translokacije	100	32	26	21	
Ponik					
mg SM/ponik	13,4	11,0	10,1	9,5	0,8
*mg Mo/kg SM	0,6	22,0	31	42	11,3
*Stepen akumulacije		36	51	70	
*Indeks translokacije	300	100	107	90	
Primena Zn					
Zrno					
mg Zn/kg SM	12,2	48,9	55,9	68,7	29,9
Stepen akumulacije		4,0	4,6	5,6	
Indeks translokacije	321	382	218	190	
Ponik					
mg SM/ponik	13,8	14,1	13,6	11,0	1,5
*mg Zn/kg SM	44	72	73	82	10,0
*Stepen akumulacije		1,6	1,6	1,9	
*Indeks translokacije	360	147	130	119	

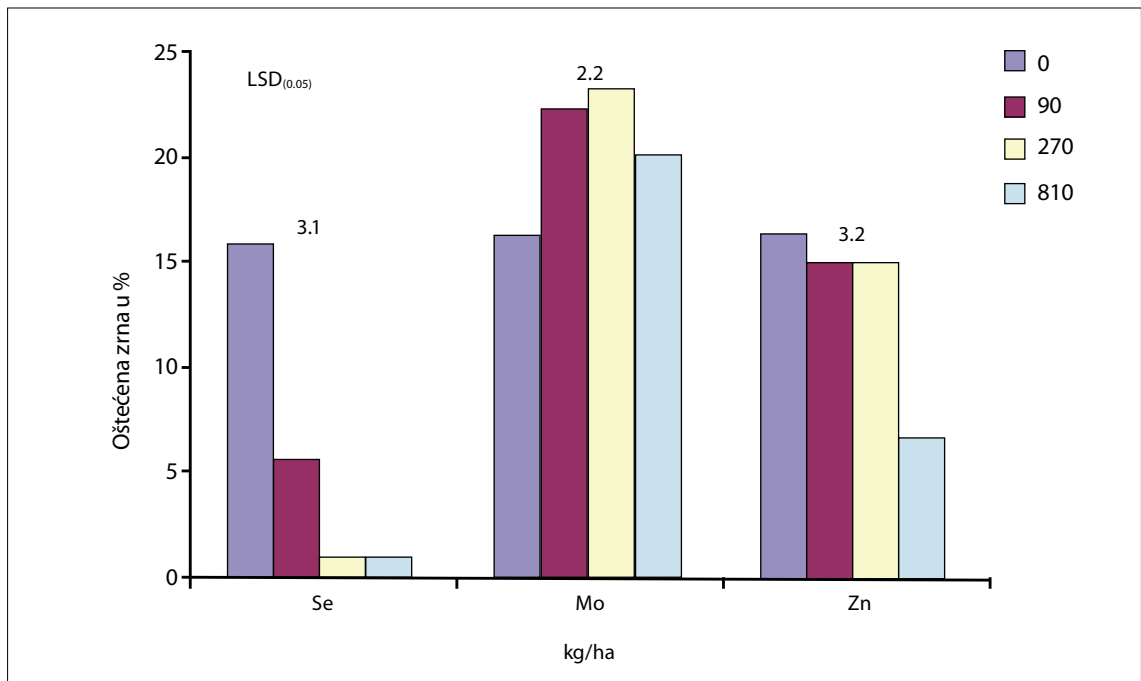
\*izdanak

ti znatno intenzivnija translokacija i time veći sadržaj cinka u zrnu u odnosu na molibden.

Visok sadržaj ispitivanih mikroelemenata u zrnu uticao je na rast ponika. Masa suve materije ponika se povećanjem sadržaja molibdena i cinka u zrnu smanjila, a u slučaju selena uočava se blago stimulativno dejstvo. Molibden i cink se ubrajaju u teške metale za razliku od selena koji je metaloid, čime bi se moglo objasniti njihovo toksičnije dejstvo na rast ponika već i pri nižim koncentracijama. Stepjen akumulacije povećao se povećanjem koncentracije mikroelemenata u poncima i najveći je bio kao i u zrnu kod selena, zatim kod molibdena, a najmanji kod cinka. Indeks translokacije ispitivanih mikroelemenata iz zrna u izdanak ponika se povećanjem njihove koncentracije u zrnu smanjio i najveći je bio kod cinka, zatim kod molibdena, a nešto manji kod selena. Uopšteno se može reći da je visok sadržaj ispitivanih mikroelemenata na rast ponika uticao u znatno manjoj meri nego što se moglo očekivati.

Sadržaj ispitivanih mikroelemenata u zrnu uticao je i na udeo oštećenih zrna žitnim žiškom (Slika 1). Povećanjem sadržaja cinka, a posebno selena, značajno se smanjio udeo oštećenih zrna, dok se u slučaju molibdena povećao. Najznačajniji tipovi rezistentnosti biljke domaćina prema insektima su: fizička svojstva (boja, osobine površine, dlake), mehanička (veća koncentracija silicijuma, mehanička tkiva), i hemijsko/biohe-

mijska (sadržaj toksičnih ili stimulativnih i odbojnih materija) (Marschner, 1995). Na sva pomenuta svojstva posredno ili neposredno u većoj ili manjoj meri može da utiče i mineralna ishrana, a u okviru nje i mikroelementi. Tretiranje semena graška cinkom, kobaltom i molibdenom smanjilo je brojnost larvi sitona za 30 do 40%. Mikroelementi mogu da doprinose i značajnom smanjenju plodnosti i brojnosti fitofaga, koji se hrane isisavanjem tkiva biljaka (Čulkina i sar., 2000, loc. cit. Čamprag, 2002). U biljkama hiperakumulatorima prisustvo visoke koncentracije teških metala može da obezbedi zaštitu od nekih bakterija, gljiva i/ili insekata. Boyd i Martens (1998) navode da se težina larve sovice (*Spadoptera exigua*) pri koncentraciji nikla u listu od 93 mg/kg smanjila i vreme razvoja između stadijuma larve i odraslog insekta je produženo. Rajaratnam i Hock (1975) su utvrdili veliku zavisnost u obezbeđenosti uljane palme borom i oštećenja izazvanog delovanjem *Tetranychus pieroei*. Predatori mogu zaobići osnovne mehanizme odbrane biljaka zasnovane na prisustvu metala na tri načina: ishranom tkivom koje sadrži manju koncentraciju metala, raznovrsnom ishranom da bi se smanjio udeo hrane koja sadrži veću koncentraciju toksičnih metala i tolerancijom prema visokim koncentracijama metala. Intenzitet pojave pšeničnog žiška verovatno je pre svega zavisio od njegove tolerantnosti prema većim koncentracijama ispitivanih mikroeleme-



Slika 1. Uticaj različitih doza Se, Mo i Zn na populaciju pšeničnog žiška u zrnu tritikalea

nata. Veoma mala oštećenost zrna kontaminiranim selenom može se objasniti veoma velikom toksičnošću većih koncentracija selena. Naime, zavisno od vrste životinja, tolerantna koncentracija selena u hrani kreće se od 1 do 5 mg/g suve materije (Miller i sar., 1991), a do akutnog i hroničnog oštećenja, gubljenja vitalnosti dolazi pri dugotrajnijoj konzumaciji hrane koja sadrži od 5 do 40 mg Se/g suve materije. U našim ispitivanjima, u zrnu pri upotrebi najveće doze selena njegov sadržaj je bio mnogostruko veći. U slučaju selena nije isključeno da je isparljivo jedinjenje selena dimetilselen delovalo odbojno na imaga tako da nije došlo do perforacije zrna. U otvor pšenični žižak odlaže jaje a nakon toga otvor zatvara sluzavim sekretom koji otvrdne tako da se otvor teško uočava. Mi smo u našem radu utvrdili samo udeo oštećenih zrna, što ne isključuje da je broj naseljenih zrna bio veći.

Ako se uporedi uticaj kontaminacije zrna na rast ponika sa intenzitetom pojave pšeničnog žiška dolazi se do zaključka da je njihova reakcija na prisustvo visokih koncentracija cinka, molibdena, a posebno selena, različita. Dobijeni rezultati potvrđuju da pored biogenih makroelemenata i mikroelementi prisutni u biljkama mogu posredno ili neposredno da utiču na prisustvo fitofaga.

## LITERATURA

- Boyd, R.S. and Martens, S.N.:** The significance of metal hypetaccumulation for biotic interactions. *Chemoecology*, 8: 1-7, 1998.
- Čamprag, D.:** Integralna zaštita kukuruza od štetočina. Feljton, Novi Sad, 1994.
- Čamprag, D.:** Agrotehnikom protiv štetočina kultura sa osvrtom na integralnu zaštitu. Srpska akademija nauka i umetnosti – ogranak u Novom Sadu, Novi Sad, 2002.
- Dreyer, D.L. and Campbell, B.C.:** Chemical basis of host-plant resistance to aphids. *Plant Cell Environment*, 10: 353-361, 1987.
- Hanisch, H.C.:** Zum Einfluss der Stickstoffdüngung und vorbeugender Spritzung von Natronwasserglas zu Weizenpflanzen auf deren Widerstandsfähigkeit gegen Getreideblattlaeuse. *Kali-Briefe*, 15: 287-296, 1980.
- Kastori, R., Petrović, N. i Arsenijević-Maksimović, I.:** Teški metali i biljke. U: *Teški metali u životnoj sredini* (Kastori, R. ured.). Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 1997, str. 196-257.
- Kastori, R. i Maksimović, I.:** Ishrana biljaka. Vojvodanska akademija nauka i umetnosti, Novi Sad, 2008.
- Kádár, I. and Németh, T.:** Studies on the leaching of microelement pollutants in a long-term field experiment. *Agrokémia és Talajtan.* 52: 315-333, 2003 (H).
- Kádár, I. and Kastori, R.:** Effect of microelement loads on the yield and nutrient uptake of triticale on calcareous chernozem soil. *Agrokémia és Talajtan*, 55: 449-460, 2006. (H).
- Larcher, W.:** *Physiological Plant Ecology*. Springer, Berlin, 1995.
- Marschner, H.:** *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London, 1995.
- Milinović, J., Lukić, V., Nikolić-Mandić, S. and Stojanović, D.:** Concentrations of heavy metals in NPK fertilizers imported in Serbia. *Pesticides & Phytomedicine*, 23: 195-200, 2008.
- Miller, E.R., Lei, X. and Ullrey, D.E.:** Trace elements in animal nutrition. In: *Micronutrients in Agriculture*, 2<sup>nd</sup> ed. (J.J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch, eds.), SSSA Book Series No. 4, Madison, WI, 1991, pp. 593-662.
- Rajaratman, J.A. and Hock, L.I.:** Effect of boron nutrition on intensity of red spider mite attack on oil-palm seedlings. *Exp. Agric.*, 11: 59-63. 1975.
- Salim, M. and Saxen, R.C.:** Nutritional stress and varietal resistance in rice: Effect on whitebacked plant-hopper. *Crop Science*, 31: 797-805, 1991.
- Scriber, J.M. and Slansky, F.:** The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review Entomology*, 26: 183-211, 1981.

# Effect of Selenium, Molybdenum and Zinc on Seedling Growth and Frequency of Grain Weevil (*Sitophilus granarius*) in Triticale Grains

## SUMMARY

The effects of different doses (0, 90, 270, 810 kg/ha) of selenium, molybdenum and zinc microelements on their translocation and accumulation in grains, seedling growth and grain infestation were examined under field conditions on a calcareous chernozem soil. Thirteen years after the application of selenium, molybdenum and zinc, significant translocation and accumulation of these elements in the grain were established, indicating a long-term effect of these microelements on triticale plants. The highest degree of accumulation in grains and seedling shoots was found for selenium, then molybdenum, while the detected amounts of zinc were significantly lower. The degree of accumulation of all three microelements in the grain and seedling shoot increased as doses increased. Translocation index from shoot to grain at the grain-filling phase was the highest when zinc was used, then selenium, and the lowest when molybdenum was applied. The highest translocation index from the grain during germination into seedling shoots was obtained with zinc, then molybdenum and selenium. Translocation indexes of the investigated elements significantly decreased as the doses of elements increased. Dry weight of seedling shoots decreased as molybdenum and zinc in grain increased. High selenium concentration moderately stimulated seedling development, pointing out a high tolerance of triticale to higher concentration of this microelement at initial development stages. Infestation with grain weevil was provoked by high concentrations of these microelements in the grain. High concentrations of zinc and selenium, in particular, significantly decreased the percentage of damaged grains, while molybdenum moderately increased their numbers. The effect of zinc and molybdenum may be attributed to their chemical effect, while selenium effect may also be referred to a negative effect of the volatile selenium compound. The effect of selenium, molybdenum and zinc contamination of grains on the seedling growth and frequency of grain weevil was different, and the emphasis was on selenium.

**Keywords:** Triticale; Selenium; Molybdenum; Zinc; Dose; Accumulation; Grain; Seedling growth; Grain weevil frequency