



## Folijarna primena seleno u proizvodnji lucerke

Petković Klara<sup>a\*</sup>, Manojlović Maja<sup>a</sup>, Ranko Čabilovski<sup>a</sup>, Krstić Đorđe<sup>a</sup>, Kovačević Dragan<sup>a</sup>, Štrbac Mirna<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija

\*Autor za kontakt: [klaram@polj.uns.ac.rs](mailto:klaram@polj.uns.ac.rs)

### SAŽETAK

Zemljište predstavlja osnovni izvor elementa za biljke, kao i indirektno za životinje koje se hrane biljkama i ljude koje konzumiraju biljne i životinjske proizvode. Međutim, ukoliko je zemljište deficitarno u određenom elementu i ne može da obezbedi dovoljne količine za ishranu biljaka, javljaju se poremećaji u rastu i razvoju biljaka, kao i životinja. Biofortifikacija krmnog bilja, odnosno đubrenje mikroelementima je jedan od načina pomoću koga može da se u biljkama postigne veći sadržaj neophodnih elemenata za stoku, prvenstveno Se i Zn. Poljski ogled sa lucerkom postavljen je 2014. godine u Ljutovu, Subotica, s ciljem ispitivanja uticaja folijarnog đubrenja Se i Se i Zn u kombinaciji na prinos, sadržaj Se i drugih elemenata u suvoj materiji odnosno krmi lucerke. U okviru ogleda ispitivani su sledeći tretmani: kontrola bez đubrenja, 5 g Se ha<sup>-1</sup> (kao Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 10 g Se ha<sup>-1</sup> i 10 g Se ha<sup>-1</sup> + 0,5 kg Zn ha<sup>-1</sup> (kao ZnSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O). Dvogodišnji rezultati su pokazali da đubrenje Se nema uticaja na prinos i sadržaj P, K, Fe i Mn. Primena Se je povećala sadržaj ovog elementa u suvoj masi (SM) lucerke, međutim, u poređenju sa kontrolnim tretmanom, značajno više samo na tretmanu sa većom dozom Se. Sadržaj Se u suvoj masi lucerke je u visokoj pozitivnoj korelaciji (R=0,85) sa primenjenom dozom, odnosno sa primenom 1 g Se ha<sup>-1</sup> sadržaj u biljnoj masi se povećava za 0,041 mg Se kg<sup>-1</sup> SM. S obzirom na antagonizam između selenata i sulfata prilikom usvajanja od strane biljaka, primena Se i Zn u kombinaciji nije negativno uticala na sadržaj Se i očekivano pozitivno uticala na povećanje sadržaja Zn, kao i Cu. Folijarna primena Se ili Se i Zn u kombinaciji, može da se preporuči kao jedna od mera u proizvodnji krmnog bilja u agroekološkim uslovima Vojvodine, koja ima za cilj unapređenje mineralnog sastava krme.

**KLJUČNE REČI:** krmno bilje, biofortifikacija, đubrenje

### Uvod

Ciklus mikroelementa u lancu ishrane ljudi i životinja kreće iz zemljišta, uključuje biljke i životinje i njihovu sposobnost asimilacije elemenata iz zemljišta. Zemljište predstavlja osnovni izvor elementa za biljke, pa i za životinje koje se hrane biljkama i ljude koje konzumiraju biljne i životinjske proizvode. Transfer mikroelemenata između zemljišta i biljaka je deo kompleksnog hemijskog ciklusa u prirodi. U istraživanju sprovedenom u južnoj Srbiji (Popović et al., 2010) utvrđen je transfer faktor sa visokom korelacijom između sadržaja metabolički važnih elemenata kao što su selen (Se) i cink (Zn) u krvi stoke i zemljištu.

Selen ima visoku antioksidativnu sposobnost u sprečavanju formiranja slobodnih radikala i sastavni je deo GPHPx, enzima koji štiti crvena krvna zrnca i ćelijsku membranu od neželjene reakcije sa rastvorljivim peroksidazama (Gupta and Gupta, 2002). Hrana predstavlja osnovni izvor kroz koji životinje i ljudi zadovoljavaju svoje potrebe za Se, i iz tog razloga je njegov sadržaj u biljci veoma bitan.

Selen predstavlja neophodan element u ishrani ljudi i životinja, ali kao takav i dalje nije identifikovan za biljke. Međutim, utvrđeno je da kod lucerke đubrenje Se stimulatивно deluje na fotosintezu, odnosno poboljšava akumulaciju rastvorljivih šećera i skroba u biljci lucerke (Owusu-Sekyere et al., 2013). U uslovima vodnog deficita, uočeno je da dodavanje Se povećava tolerantnost biljaka na stres, odnosno povećava prinos i kvalitet biljaka kroz poboljšanje produkcije osmoprotektanata i povećanjem aktivnosti antioksidantnih enzima. Ova činjenica je ispitivana i potvrđena u ogledima sa kukuruzom (Qiang-yun et al., 2008; Sajedi et al., 2011) i pšenicom (Nawaz et al., 2015).

Prema Gupta and Gupta (2002), krmno bilje gajeno na zemljištu koje sadrži više od 0,6 mg Se kg<sup>-1</sup> SM može da zadovolji nutritivne potrebe stoke u pogledu Se. Manojlović and Singh (2012) navode određen broj studija sprovedenih na teritoriji Srbije u periodu od 1992-2003. godine i utvrđen sadržaj Se u zemljištu je daleko ispod definisane granice od 0,6 mg. U uzorcima zemljišta prikupljenim na teritoriji Vojvodine i istočne Srbije, sadržaj Se je bio ispod navedenog nivoa, odnosno kretao se 0,14-0,57 mg kg<sup>-1</sup> (Marijanušić et al., 2017). Valčić et al. (2013) tvrde da lokaliteti južno od Dunava pokazuju izraženiji deficit u poređenju sa lokalitetima severno pozicioniranim. U poređenju sa potrebama stoke nizak sadržaj Se u zemljištu odrazio se i na nizak sadržaj u biljkama, poput trava i kukuruza (Manojlović and Singh, 2012, Valčić et al., 2013).

S obzirom na nizak sadržaj Se u zemljištu i biljkama u Srbiji, očekivano da je će i obezbeđenost stoke biti neodgovarajuća. Nizak nivo Se u krvi ( $<100 \text{ ng mL}^{-1}$ ) utvrđen je kod 85,6% ovaca ( $n=105$ ) i 45,6 % krava ( $n=160$ ) u istraživanju sprovedenom na farmama na teritoriji Zapadnog Balkana (Ademi et al., 2015). Kao posledicu niskog sadržaja Se u hrani (u više od 90% uzorka sadržaj Se je bio  $<1 \text{ mg kg}^{-1}$  SM), Jovanović et al. (2004) su utvrdili nizak sadržaj Se u krvi junica i teladi. Nedostatak Se kod stoke izaziva različite poremećaje kao što je slab rast, sterilitet, muskularna distrofija (Fisher, 2008). Jedan od najozbiljnih problema u svetu izazvan nedostatkom Se kod stoke predstavlja nutritivna mid degeneracija (tzv. white muscle disease), uočena kod ovaca, govoda, konja i ostalih biljojeda sa neodgovarajućim nivoom Se u ishrani.

Nedostatak mikroelemenata u ishrani stoke se najčešće nadoknađuje oralnim doziranjem, rastvaranjem u vodi ili davanjem injekcija mineralnih rastvora i suspenzija. Ovakva korekcija nedovoljne obezbeđenosti životinja mikroelementima ima prednost, jer sve životinje prime poznatu količinu potrebnog mikroelementa u poznatim intervalima (Suttle, 2010). Međutim, poslednjih godina javlja se sve veći interes za korišćenjem organskih izvora elemenata, posebno u ishrani preživara, kod kojih se javlja problem apsorpcije elemenata. U slučaju preživara, koristeći organske izvore, može da se redukuje interakcija elemenata sa drugim jedinjenjima u buragu, spreči formiranje nerastvorljivih kompleksa i poveća apsorpcija (Spears, 2003). Organski izvor Se je bio efikasniji u povećanju sadržaja Se i glutation peroksidaze (GPHPx) u krvi jaganjaca (Qin et al., 2007) i govoda (Slavik et al., 2008). U regionima sa niskim sadržajem Se u zemljištu, Hall et al. (2013) preporučuju đubrenje krmnog bilja Se kao meru za smanjenje deficita Se kod teladi.

Biofortifikacija predstavlja povećanje sadržaja mikroelemenata u jestivim delovima biljaka kroz uzgoj ili korišćenjem biotehnologije. Jedan od načina je i agronomska biofortifikacija, koja podrazumeva đubrenje mikroelementima (White and Broadley, 2009; Zhao et al, 2009). Prema Lyons and Cakmak (2012), Se i Zn su najpogodniji mikroelementi za biofortifikaciju. Osnovi cilj đubrenja je postizanje visokih i stabilnih prinosa dobrog kvaliteta, ali je veoma bitno da se postigne i visoka iskoristivost primenjenog đubriva. Dobra praksa primene kao što je izvor, doza i način đubrenja elemenata treba da se optimizira u odnosu na zemljište, biljku i klimatske faktore, kako bi se izbegli gubici elemenata usled ispiranja, denitrifikacije, volatizacije, iznošenja prinosa itd. (Baligar et al., 2001).

Uzimajući u obzir da Se predstavlja neophodan element u ishrani stoke, kao i činjenicu da krmno bilje predstavlja organski izvor ovog elementa, cilj istraživanja je bio da se ispita uticaj primene različitih doza Se, kao i kombinacije Se i Zn na prinos i mineralni sastav lucerke.

## Material i metod rada

Poljski ogled (2014-2015) je postavljen u okviru parcele privatne govedarske farme u okolini Subotice, Ljutovu ( $46^{\circ}3'39.92''\text{N}$ ,  $19^{\circ}32'3.77''\text{E}$ ). Zemljište na kom je postavljen ogled je karbonatni černozem i osnovna svojstva su prikazana u Tabeli 1. S obzirom na visoku pH vrednost zemljišta, očekivao se nedostatak pojedinih mikroelemenata, međutim, hemijske analize su pokazale (Tabela 2) da je zemljište optimalno obezbeđeno gvožđem (Fe), cinkom (Zn), manganom (Mn) i bakrom (Cu) (Lindsay and Norvell, 1978). Međutim, ukupan sadržaj Se u zemljištu je ispod nivoa neophodnog za proizvodnju krmnog bilja (Gupta and Gupta, 2002).

**Tabela 1.**

Osnovna hemijska svojstva zemljišta pre postavljanja ogleda

**Table 1.**

Basic chemical properties of soil before setting up experiment

Dubina (cm)	pH u KCl (%)	pH in H <sub>2</sub> O (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Humus (%)	Ukupan N (%)	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>-1</sup> (mg 100g <sup>-1</sup> )	AL-K <sub>2</sub> O (mg 100g <sup>-1</sup> )
0-30	7,39	8,02	19,3	2,53	0,13	21,2	14,0

**Tabela 2.**

Ukupan Se i biljkama pristupačan sadržaj Fe, Zn, Mn i Cu u zemljištu

**Table 2.**

Total Se and plant-available contents of Fe, Zn, Mn and Cu in soil

Dubina (cm)	Pristupačan				Ukupan
	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Se (mg kg <sup>-1</sup> )
0-30	43,0	3,36	26,6	3,33	0,26

Za analizu vremenskih uslova korišćeni su podaci sa meteorološke stanice Palić (19°46E; 46°06N), stanici koja je najbliža parcelama na kojima su izvođeni ogledi sa lucerkom (Tabela 3 i 4). U 2014. godini, suma padavina je bila nešto viša u poređenju sa višegodišnjim prosekom (VP), međutim, raspored padavina je bio neravnomeran, što je posebno nepovoljno za prolećnu setvu lucerke. Nivo padavina u martu je bio skoro dva puta niži (za 16,6 mm) u poređenju sa VP. Drugu godinu izvođenja oglada odlikovale su nešto više mesečne temperature u odnosu na VP, pogotovo u period od juna do septembra. Izuzimajući maj i avgust, količina padavina je bila značajno niža u poređenju sa VP.

**Tabela 3.**

Srednje mesečne temperature vazduha (°C) za godine 2014-2015

**Table 3.**

Mean monthly temperatures (°C) for 2014-2015

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2014	3,1	5,2	9,6	13,0	16,1	20,5	22,4	20,9	17,2	13,2	7,9	3,3
2015	2,4	2,5	7,2	11,8	17,4	21,3	24,8	23,8	18,5	10,7	7,2	2,9
VP*	-0,4	1,3	6,0	11,6	17,3	20,4	22,3	21,7	16,8	11,4	5,4	0,8

\*Višegodišnji prosek 1981-2010 očitani na meteorološkoj stanici Palić

**Tabela 4.**

Suma padavina (mm) za godine 2014-2015

**Table 4.**

Monthly precipitations for years 2014-2015

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2014	35,8	58,0	17,3	59,4	106,7	50,2	115,1	78,1	137,4	87,0	4,6	58,3
2015	64,7	38,5	24,5	21,5	71,8	18,3	23,2	105,9	35,6	84,3	38,8	2,3
VP*	33,4	30,3	33,9	44,0	55,5	80,5	57,4	52,2	49,7	39,6	48,1	46,5

\*Višegodišnji prosek 1981-2010 očitani na meteorološkoj stanici Palić

Ogled je postavljen po sistemu randomiziranog bloka u četiri ponavljanja i ispitivani su sledeći tretmani folijarnog đubrenja:

- (1) kontrola bez đubrenja;
- (2) Se 5 g ha<sup>-1</sup> (kao Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>);
- (3) Se 10 g ha<sup>-1</sup> (kao Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>);
- (4) Se 10 g ha<sup>-1</sup> (kao Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) + 0,5 kg Zn ha<sup>-1</sup> (kao ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O).

Veličine pojedinačne parcele na kojoj je ispitivan uticaj jednog tretmana je bila 5 m<sup>2</sup>. Određena doza đubriva je podeljena u dve primene pre prvog otkosa. Prva primena je izvršena u fazi visine biljke od 10 cm, a druga 7 dana nakon prvog đubrenja.

Setva lucerke je izvršena mašinskim putem na dubinu 2 cm krajem marta 2014. godine sa razmakom između redova od 14,5cm. Korišćena je sorta NS Banat ZMS II (Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad) i setvena norma je iznosila 20 kg ha<sup>-1</sup>. Pre setve, celokupna ogledna parcela je đubrena sa 50 kg N ha<sup>-1</sup>, 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> i 105 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>.

Uzorci lucerke su uzeti ručnim putem u fazi ranog cvetanja, košenjem 1 m<sup>2</sup> i merenjem sveže mase. Nakon toga prikupljeni uzorci su sušeni na 70°C do konstantne mase radi određivanja prinosa suve mase, kao i daljih hemijskih analiza. U obe godine istraživanja, analize su rađene samo u uzorcima iz prvog otkosa.

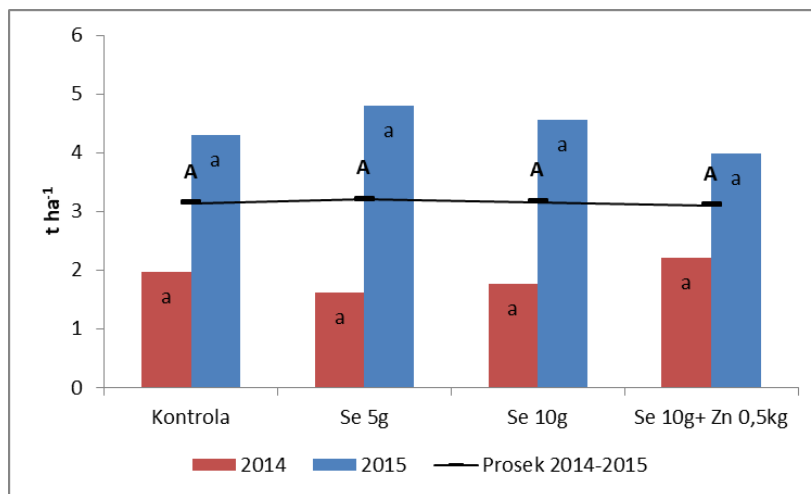
Osnovna svojstva zemljišta određena su korišćenjem standardnih agrohemijskih metoda. Za analiziranje pristupačnog sadržaja mikroelemenata u zemljištu korišćen je metod ekstrakcije elemenata pomoću rastvora DTPA (SRPS ISO 14870:2001), a merenje izvršeno metodom atomske adsorpcione spektrofotometrije (AAS). Za određivanje ukupnog sadržaja Se, uzorak zemljišta je razaran pomoću fluorovodonične i azotne kiseline, a sadržaj analiziran pomoću ICP-MS.

Radi određivanja fosfora (P) i kalijuma (K) u biljnom materijalu, uzorci su spaljeni u pećnici na 550°C a potom razoreni sa 25% HCl. Sadržaj P je izmeren fotometrijski, dok je K metodom plamene fotometrije. Rezultati sadržaja P i K nisu prikazani u radu, ali su podaci pomenuti u Diskusiji. Metod mokre digestije sa azotnom i perhlornom kiselinom je korišćen za određivanje Zn i Cu u uzorcima lucerke. Elementi su

analizirani pomoću AAS metode. Za određivanje sadržaja Se, uzorci lucerke su razoreni mikrotalasnom digestijom pomoću azotne kiseline, dok je sadržaj izmeren pomoću ICP-MS.

## Rezultati i diskusija

Rezultati ogleda su pokazali da folijarna primena Se, odnosno Se i Zn u kombinaciji nije značajno uticala na ostvareni prinos u prvom otkosu (Grafikon 1). Ovakvi rezultati su u skladu sa istraživanjem Wang-a et al. (2013) koji su u dvogodišnjem poljskom ogledu sa kukuruzom utvrdili da primena Se, folijarno ili preko zemljišta, nije uticala na prinos zrna ili biomase. Međutim, u pojedinim istraživanjima je utvrđen negativan uticaj dodavanja Se na prinos sveže mase lucerke (Owusu-Sekyere et al., 2013) i biomasu kukuruza (Longchamp et al., 2015). S druge strane, Sajedi et al. (2011) preporučuju primenu Se za povećanu produkciju kukuruza u uslovima suše, jer se na taj način poboljšava aktivnost antioksidanata.

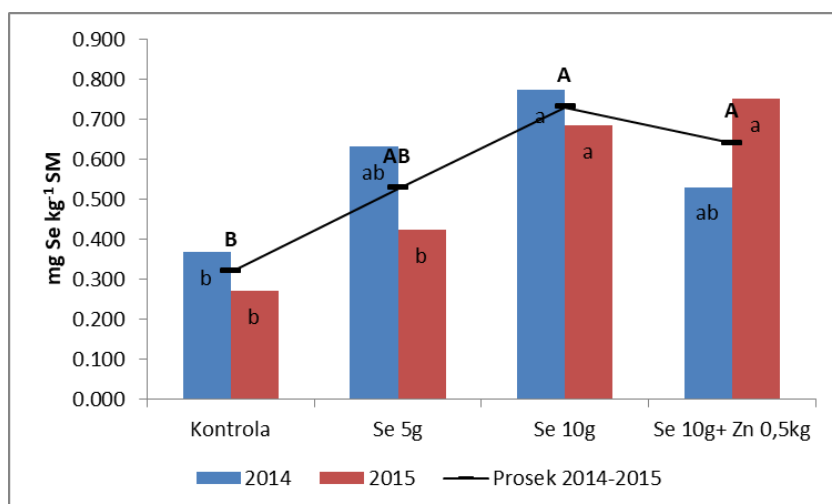


\*Mala slova predstavljaju statistički značajne razlike u okviru jedne godine. Velika slova su statistički značajne razlike između prosečnih vrednosti ostvarenih tokom dve godine.

**Grafikon 1.** Uticaj đubrenja Se i Zn na prinos suve mase lucerke u prvom otkosu (t ha<sup>-1</sup>)  
**Figure 1.** Effect of fertilization with Se and Zn on dry matter yield in first cut (t ha<sup>-1</sup>)

Postoji veliki broj literaturnih izvora u kojima se navodi pozitivan uticaj primene Se na povećanje njegovog sadržaja u zrnu (Wang et al., 2013) i biljci kukuruza (Longchamp et al., 2015), pšenice (Manojlović et al., 2019) i drugim biljkama. Očekivano, na tretmanima đubrenim Se izmeren je viši sadržaj Se u odnosu na neđubrenu kontrolu, međutim, značajna razlika u povećanju sadržaja u obe godine ogleda utvrđena je na tretmanu sa većom dozom Se.

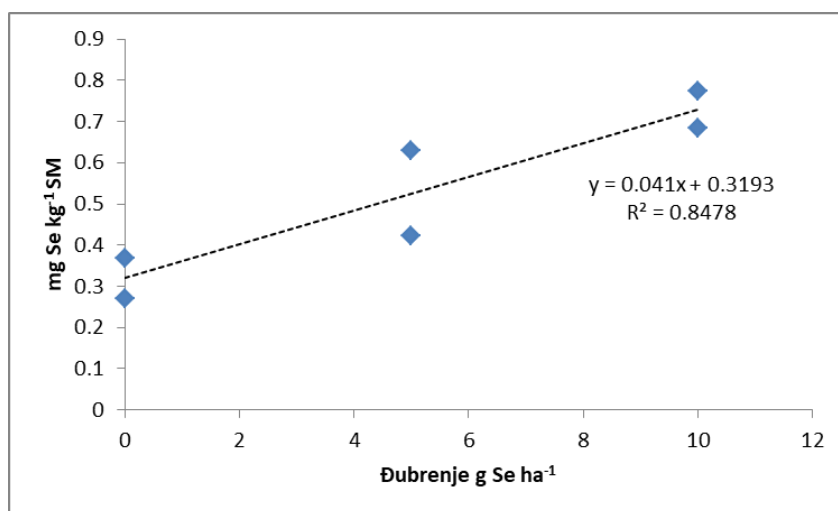
U prvoj godini ogleda, sadržaj Se u lucerki je čak i na kontrolnom neđubrenom tretmanu bio iznad 0,3 mg Se kg<sup>-1</sup> SM (NRC, 2001), nivoa neophodnog u ishrani goveda. Međutim, u drugoj godini ogleda, tj. godini pune eksploatacije lucerke, u prvom otkosu postignut je veći prinos biljne mase i nepodan sadržaj Se je ostvaren samo na tretmanima đubrenim Se (Grafikon 2).



\*Mala slova predstavljaju statistički značajne razlike u okviru jedne godine. Velika slova su statistički značajne razlike između prosečnih vrednosti ostvarenih tokom dve godine.

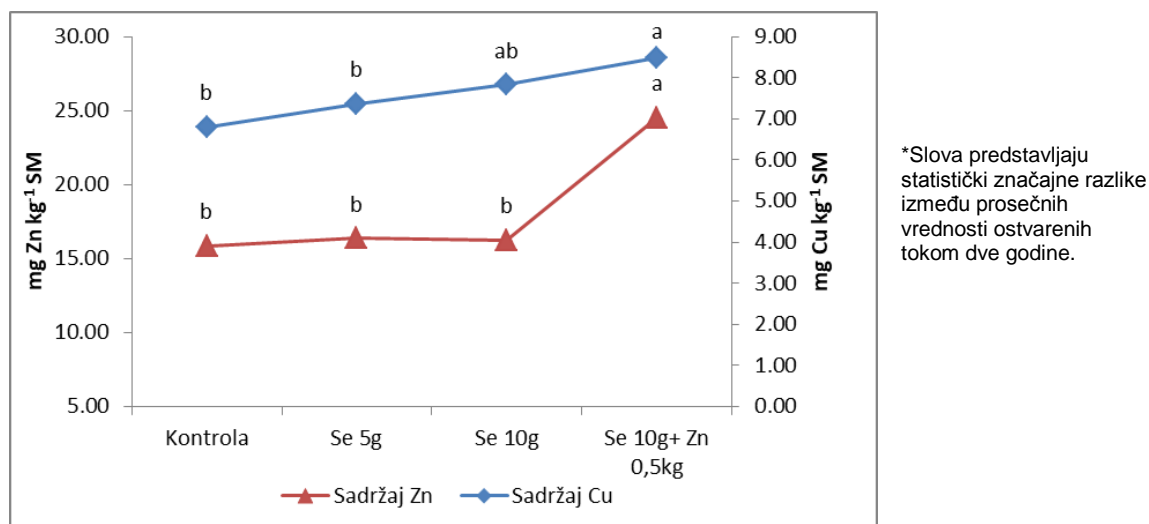
**Grafikon 2.** Uticaj đubrenja Se i Zn na sadržaj Se u suvoj masi lucerke u 2014./2015. godini (mg kg<sup>-1</sup> SM)  
**Figure 2.** Effect of fertilization with Se and Zn on Se content in alfalfa biomass in 2014/2015 (mg kg<sup>-1</sup> DM)

Pored oblika i načina, doza primenjenog Se predstavlja bitan element u efikasnosti đubrenja. Wang et al. (2013) su u obe godine oglada utvrdili da je sadržaj Se u zrnu kukuruza u visokoj pozitivnoj korelaciji ( $R^2 > 0,95$ ) sa primenjenom dozom đubriva, preko zemljišta i folijarnim putem. Linearna korelacija je utvrđena i kod sadržaja Se u zrnu pšenice i primenjene doze đubriva (Broadley et al., 2009; Manojlović et al., 2019). U našem istraživanju takođe je utvrđena jaka pozitivna korelacija između sadržaja u suvoj masi lucerke i primenjenih doza (Grafikon 3), odnosno utvrđeno je da sa primenom 1 g Se ha<sup>-1</sup> sadržaj Se u biljci lucerke se povećava za 0,04 mg kg<sup>-1</sup> SM.



**Grafikon 3.** Korelacija između đubrenja Se i njegovog sadržaja u suvoj masi lucerke  
**Figure 3.** Correlation between Se fertilization and its contents in alfalfa biomass

Postoji malo podataka u literaturi koji se odnose na uticaj đubrenja Se na mineralni sastav biljaka. Prema Smoleń et al. (2015), primena Se u obliku Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> je dovela do redukcije prinosa suve materije, kao i sadržaja P, K, Mg, Ca, B, Zn i Cd u salati, dostižući vrhunac u vreme suše i toplog vremena. S druge strane, ispitujući uticaj dodavanja Se hranljivom rastvoru u hidroponskom ogledu, Hawrylak-Nowak et al. (2015) su zaključili da primena selenata ili selenita u koncentraciji <10 μM može biti potencijalno korisna u biofortifikaciji krastavca Se dok se promene u sadržaju makroelemenata (K, P i S) ne očekuju. Naše istraživanje je takođe pokazalo da pojedinačna primena Se nije značajno uticala na sadržaj P i K (podaci nisu prikazani u radu) kao i mikroelemenata Zn i Cu (Grafikon 4).



**Grafikon 4.** Uticaj đubrenja Se i Zn na prosečan sadržaj Zn (leva osa) i Cu (desna osa) u suvoj masi lucerke  
**Grafikon 4.** Effect of fertilization with Se and Zn on average Zn (left axis) and Cu (right axis) contents in alfalfa biomass

Prema Sajedi-u et al. (2011) prilikom proizvodnje kukuruza u uslovima suše đubrenje Se je preporučljivo, ali ne u kombinaciji sa drugim elementima, zbog antagonističkog odnosa i samim tim negativnog uticaja na biljku. Antagonizam između selenata i sulfata je dobro poznat (Marschner, 2011); s obzirom da se selenat metaboliše istim putevima kao sulfati i ugrađuje u sve S metabolite, stoga je bilo očekivano da će primenjeni  $ZnSO_4$  smanjiti usvajanje Se (primenjenog u obliku natrijum selenata) od strane biljke. Međutim, u našem istraživanju đubrenje Se i Zn u kombinaciji nije pokazalo negativan uticaj na ostvareni prinos u prvom otkosu, usvajanje Se ili mineralni sastav lucerke. Primena ova dva elementa u kombinaciji je dala iste rezultate kao kad su primenjeni u istoj dozi pojedinačno, odnosno u poređenju sa kontrolom, nisu uticali negativno na ispitivana svojstva. Posmatrajući prosek za dve godine, đubrenje ovim elementima je pozitivno uticalo na sadržaj Cu u suvoj masi lucerke i očekivano na sadržaj Zn (Grafikon 4).

## Zaključci

Primena Se dovela je do povećanja njegovog sadržaja u suvoj masi lucerke, ali bez pozitivnog uticaja na prinos i sadržaj P, K, Cu i Zn. Posmatrajući sa aspekta mineralnog sastava krmog bilja, folijarno đubrenje Se se može preporučiti kao agrotehnička mera koja ima za cilj povećanje sadržaja Se u lucerki gajenoj na zemljištu koje oskudeva u ovom elementu, radi poboljšanja nutritivnog stanja goveda koje konzumiraju takvo seno.

## Zahvalnica

Rad je delimično podržan od strane projekta *Organska poljorivreda: unapređenje proizvodnje primenom, đubriva, biopreparata i bioloških mera* (projekat finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije).

## Literatura

- Baligar, V.C., Fageria, N.K., He, Z.L. 2001. Nutrient use efficiency in plants. Commun. Soil. Sci. Plan. 32(7-8): 921-950.
- Fisher, G.E. 2008. Micronutrients and animal nutrition and the link between the application of micronutrients to crops and animal health. Turk. J. Agric. For. 32: 221-233.
- Gupta, U.C., Gupta, S.C. 2002. Quality of animal and human life as affected by selenium management of soils and crops. Commun. Soil. Sci. Plan. 33(15-18): 2537-2555.
- Hall, J.A., Bohe, G., Hunter J.K., Vorachek, W.R., Stewart, W.C., Vanegas, J.A., Estill, T.C., Wayne, D., Mosher,



- W.D.,Pirelli, G.J. 2013. Effect of feeding selenium-fertilized alfalfa hay on performance of weaned beef calves. *PLoS One* 8: e58188.
- Hawrylak-Nowak, B., Matraszek, R., Pogorzelec, M. 2015. The dual effects of two inorganic selenium forms on the growth, selected physiological parameters and macronutrients accumulation in cucumber plants. *Acta Physiol. Plant.* 37(2): 41.
- Lindsay, W.L., Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 42: 421-428
- Longchamp, M., Castrec-Rouelle, M., Biron, P., Bariac, T. 2015. Variations in the accumulation, localization and rate of metabolization of selenium in mature *Zea mays* plants supplied with selenite or selenate. *Food Chem.* 182: 128-135.
- Lyons, G., Cakmak, I. 2012. Agronomic biofortification of food crops with micronutrients. *Fertilizing Crops to Improve Human Health: a scientific review.* International Plant Nutrition Institute (IPNI) and International Fertilizer Industry Association (IFA). 1: 97-122.
- Manojlović, M.S., Lončarić, Z., Cabilovski, R.R., Popović, B., Karalić, K., Ivezić, V., Ademi, A., Singh, B.R. 2019. Biofortification of wheat cultivars with selenium. *Acta Agr. Scand, Section B—S P.* 69(8): 715-724.
- Manojlović, M., Singh, B.R. 2012. Trace elements in soils and food chains of the Balkan region. *Acta Agr. Scand, Section B—S P.* 62: 673–695.
- Marijanušić, K., M. Manojlović, D. Bogdanović, R. Čabilovski and P. Lombnaes. 2017. Mineral composition of forage crops in respect to dairy cow nutrition, *Bulg J. Agric. Sci.* 23:204–212.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants.* 2. ed. Academic press
- Nawaz, F., Ashraf, M.Y., Ahmad, R., Waraich, E.A., Shabbir, R.N., Bukhari, M.A. 2015. Supplemental selenium improves wheat grain yield and quality through alterations in biochemical processes under normal and water deficit conditions. *Food Chem.* 175:350–357.
- NRC, National Research Council. 2001: *Nutrient Requirements of Dairy Cows.* The National Academies Press. Washington, USA.
- Owusu-Sekyere, A., Kontturi, J., Hajiboland, R., Rahmat, S., Aliasgharzad, N., Hartikainen, H., Seppänen, M.M. 2013. Influence of selenium (Se) on carbohydrate metabolism, nodulation and growth in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Plant Soil.* 373:541–552.
- Popović, D., Božić, T., Stevanović, J., Frontsyeva, M., Todorović, D., Ajtić, J., Jokić, V.S. 2010. Concentration of trace elements in blood and feed of homebred animals in Southern Serbia. *Environ. Sci. Pollut. R.* 21: 401-403
- Qiang-yun, S.H.E.N., Turakainen, M., Seppänen, M., Mäkelä, P. 2008. Effects of selenium on maize ovary development at pollination stage under water deficits. *Agric. Sci. China.* 7(11): 1298-1307.
- Qin, S., Gao, J., Huang, K. 2007. Effects of different selenium sources on tissue selenium concentrations, blood GSH-Px activities and plasma interleukin levels in finishing lambs. *Biolo. Trace Elem. Res.* 116:91–102.
- Sajedi, N.A., Ardakani, M.R., Madani, H., Naderi, A., Miransari, M. 2011. The effects of selenium and other micronutrients on the antioxidant activities and yield of corn (*Zea mays* L.) under drought stress. *Physiol. Mol. Biol. Pla.* 17(3): 215-222.
- Slavik, P., Illek, J., Brix, M., Hlavicova, J., Rajmon, R., Jilek, F. 2008. Influence of organic versus inorganic dietary selenium supplementation on the concentration of selenium in colostrum, milk and blood of beef cows. *Acta Vet. Scand.* 50:43.
- Smoleń, S., Skoczylas, Ł., Rakoczy, R., Ledwożyw-Smoleń, I., Kopeć, A., Piątkowska, E., Bieżanowska-Kopeć, R., Pysz, M., Koronowicz, A., Kapusta-Duch, J., Sady, W. 2015. Mineral composition of field-grown lettuce (*Lactuca sativa* L.) depending on the diversified fertilization with iodine and selenium compounds. *Acta Sci. Pol.: Hortoru.* 14: 97-114.
- Spears, J. W. 2003. Trace mineral bioavailability in ruminants. *J. Nutrit.* 133(5): 1506S-1509S.
- SRPS ISO14870:2005, *Kvalitet zemljišta - Ekstrakcija elemenata u tragovima puferskim rastvorom DTPA.*
- Suttle, N.F. 2010. *Mineral Nutrition of Livestock.* CABI Publishing, Wallingford (UK).
- Valčić, O., Jovanović, I., Milanović, S., Gvozdić, D. 2013. Selenium status of feedstuffs and grazing ewes in Serbia. *Acta veterinaria,* 63.
- Wang, J., Wang, Z., Mao, H., Zhao, H., Huang, D. 2013. Increasing Se concentration in maize grain with soil-or foliar-applied selenite on the Loess Plateau in China. *Field Crops Res.* 150: 83-90.
- White, P.J., Broadley, M.R. 2005. Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends Plant Sci.* 10(12): 586-593.
- Zhao, F.J., McGrath, S.P. 2009. Biofortification and phytoremediation. *Curr. Opin. Plant Biol.* 12(3): 373-380.

## Foliar application of selenium in alfalfa production

Klara Petković<sup>a\*</sup>, Maja Manojlović<sup>a</sup>, Čabilovski Ranko<sup>a</sup>, Đorđe Krstić<sup>a</sup>, Dragan Kovačević<sup>a</sup>, Mirna Štrbac<sup>a</sup>

<sup>a</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

\*Corresponding author: [klaram@polj.uns.ac.rs](mailto:klaram@polj.uns.ac.rs)

### ABSTRACT

Soil is the basic source of the elements for plants, and also for animals that eat plants and people who consume plant and animal products. However, if the soil is deficient in a particular element and cannot provide sufficient quantities for plant nutrition, disturbances in the growth and development of the plants, as well as animals occur. Biofortification of forage crops, i.e. fertilization with microelements, is one of the ways how a higher content of essential elements for livestock, primarily Se and Zn, can be achieved in plants. A field experiment with alfalfa was set up in 2014 in Ljutovo, Subotica, with the aim to investigate the effect of foliar fertilization with Se and Se and Zn in combination on the yield, content of Se and other observed elements in alfalfa. The following treatments were investigated: control without fertilization; 5 g Se ha<sup>-1</sup>, 10 g Se ha<sup>-1</sup>, and 10 g Se ha<sup>-1</sup> and 0.5 kg Zn ha<sup>-1</sup>. Two-year results showed that the Se fertilization did not affect the yield and content of P, K, Fe, and Mn. Selenium application increased the content of this element in the dry matter (DM) of alfalfa, however, compared with the control treatment, significantly higher only on the treatment with a higher dose of Se. The content of Se in the DM of alfalfa is highly positively correlated ( $R = 0.85$ ) with the applied dose, ie with the application of 1 g Se ha<sup>-1</sup> the Se content in the plant mass is increased by 0.041 mg Se kg<sup>-1</sup> DM. Given the antagonism between selenate and sulfate the uptake in plants, the use of Se and Zn in combination did not negatively affect the Se content and, as expected, positively influenced the increase in Zn content as well as Cu. The foliar application of Se or Se and Zn in combination can be recommended as one of the measures in the production of forage plants in the agro-ecological conditions of Vojvodina, with aims to improve the mineral composition of feed.

**KEY WORDS:** Forage crops, biofortification, fertilization

Primljen: 5.12.2019.

Prihvaćen: 14.02.2020.