

Sadržaj i pristupačnost bakra u smonicama Srbije

- Originalni naučni rad -

Miodrag JAKOVLJEVIĆ¹, Jelena MILIVOJEVIĆ²,
Svetlana ANTIĆ-MLADENOVIĆ¹ i Miodrag JELIĆ²

¹Poljoprivredni fakultet, Beograd

²Institut za istraživanja u poljoprivredi "Srbija", Beograd
Centar za strna žita, Kragujevac

Izvod: Sa 10 lokacija u Srbiji uzeti su tipični uzorci smonica iz ornličnih slojeva, uporedo sa površina koje se koriste kao njive ili livade. U njima su utvrđene osnovne hemijske i fizičke karakteristike, ukupni bakar (Cu) i njegovi pristupačni oblici. Pristupačnost Cu iz ovih zemljišta je ocenjivana i preko ogleđa u sudovima sa biljkama ovsa.

U našim smonicama su nađeni normalni, geohemijski nivoi ukupnog Cu (srednja vrednost 33,35 ppm, sa intervalom 17-74 ppm). Sa njim je u korelaciji bio sadržaj pristupačnog Cu, određen raznim metodama (0,1N HCl, DTPA i kiseli rastvor NaOAc), pri čemu je efikasnost ekstrakcije Cu iz zemljišta bila različita: 15,8; 13,2 i 3,5 % prema sadržaju ukupnog Cu.

Koncentracija Cu u biljkama ovsa iznosila je približno 11 ppm, uz vrlo mala variranja. To i nepostojanje korelacija usvojenog Cu sa njegovim sadržajem u zemljištu govori o dobroj obezbeđenosti ispitivanih smonica u Srbiji sa pristupačnim Cu za ishranu biljaka.

Ključne reči: Bakar, ekstrakcija, iznošenje, ovas, pristupačni, smonice, ukupni.

Uvod

Bakar je jedan od najvažnijih neophodnih mikroelemenata za biljke i životinje. Prosečan sadržaj Cu u litosferi iznosi 70 mg kg⁻¹, *Baker i Chesnin*, 1975, dok se njegova zastupljenost u raznim zemljištima kreće od 2-100 mg kg⁻¹, a prosečna vrednost iznosi od 20-30 mg kg⁻¹, *Baker i Senft*, 1995. Na sadržaj Cu u zemljištima najveći uticaj ima karakter matičnog supstrata. Tako je poznato da je sadržaj Cu veći u bazaltnim nego u granitnim stenama. Gabro i bazaltne stene imaju najviši sadržaj Cu, a granodiorit i granit najniži.

U zemljišta se Cu unosi i veštačkim putem na razne načine: taloženjem iz atmosfere (naročito u blizini topionica obojenih metala), upotrebom raznih otpadnih muljeva, kao i korisnih agrikulturnih materijala (fungicidi - "bordovska čorba", neka đubriva, čvrsti i tečni stajnjaci). Tako dolazi i do zagađivanja zemljišta, kada ukupni sadržaj Cu pređe dozvoljenu granicu od 100 mg kg^{-1} i može da dostigne i vrednosti preko 1000 mg kg^{-1} .

Kada je Cu u zemljištu prirodnog porekla, on se najvećim delom nalazi čvrsto vezan u kristalnim rešetkama minerala i u okludovanoj formi na oksidima Mn, Fe i Al. Odluka Cu je i ta da se jače nego drugi mikroelementi (Mn, Zn) vezuje u komplekse sa organskom materijom, što dovodi do pojave nedostatka pristupačnog Cu za biljke u zemljištima jako bogatim organskom materijom (tresetna). U zemljištima najmanje ima bakra u pristupačnim oblicima za biljke (Cu u rastvoru i razmenljivo adsorbovan na koloidima). Pored toga, izmenljivo vezan Cu za neorganske zemljišne koloide nije lako pristupačan biljkama, jer se on čvršće vezuje nego drugi katjoni. Ipak, katjonska razmena adsorbovanih jona Cu^{2+} i $(\text{CuOH})^+$ se dešava pri povećanju koncentracije H^+ jona, odnosno pri zakišeljavanju zemljišta. Pri neutralizaciji kiselih zemljišta pristupačnost Cu se smanjuje, *Lindsay*, 1972.

U slučaju veštačkog unošenja Cu u zemljište, on, zbog čvrstog vezivanja sa neorganskom i organskom materijom, zaostaje najvećim delom u gornjim zemljišnim horizontima i njegov sadržaj se znatno smanjuje sa dubinom, *Delas*, 1963.

Kod nas je počelo izučavanje stanja korisnih mikroelemenata u zemljištima još pre nekoliko decenija. Pri tome su proučavani njihovi ukupni i pristupačni sadržaji u raznim zemljištima, a zatim njihova dinamika, sudbina u zemljištu, metodika njihovog određivanja, granične vrednosti njihove pristupačnosti i dr., ali je u preglednim referatima koji su govorili o raznim oblastima hemije zemljišta, *Bogdanović i sar.*, 1973, *Jakovljević i sar.*, 1983, *Jakovljević i Blagojević*, 1997, uvek naglašavano da naš rad na ovoj problematici treba proširiti i intenzivirati.

Cilj ovog rada bio je detaljnije ispitivanje stanja bakra u smonicama Srbije i davanje ocena ovom tipa zemljišta vezano za obezbeđenost biljaka ovim elementom.

Materijal i metode

Sa 10 lokacija u Srbiji uzeti su reprezentativni uzorci smonica (ornični sloj) sa površina koje se različito koriste (livade i njive). Lokacije i uzorci su označeni na sledeći način: Milutovac - livada i njiva, Priština, Trnava, Rekovac, Vranje, Zaječar, Bela Crkva, Blace, Salaš i Kragujevac. U tabelama su prikazane samo srednje vrednosti prema načinu korišćenja zemljišta (livada, njiva).

U uzorcima zemljišta prvo su urađena osnovna hemijska i fizička svojstva uobičajenim metodama analize koje se koriste u našoj zemlji.

Zatim je u uzorcima zemljišta određen sadržaj ukupnog bakra metodom AAS, posle razaranja uzorka smešom kiselina: HNO_3 , HF i HClO_4 u Pt-sudovima.

Sadržaj pristupačnog Cu određivan je takođe metodom AAS, posle ekstrakcije iz zemljišta različitim ekstrakcionim sredstvima: 0,1N HCl (odnos - 1:10), DTPA (1:2) i 1N NaOAc (pH = 5,0, odnos 1:8).

Pored toga, izveden je ogled u sudovima sa biljkama ovsa u trajanju od dva meseca, a za ova ispitivanja uzeta je kontrolna varijanta bez upotrebe đubriva. U sudovima je bio po 1 kg usitnjene zemlje sa pomenutih lokacija i odgajeno je po 10 biljaka ovsa, uz održavanje optimalne vlage. Ogled je izveden u staklari Instituta za stma žita u Kragujevcu.

Na kraju ogleda sečeni su nadzemni delovi biljaka i posle sušenja (80°C) meren je prinos suve mase ovsa (g/sud), a zatim su uzorci mleveni i metodom suvog spaljivanja (550°C), uz tretiranje sa kiselinom (HCl) prevođeni u rastvor, a u njemu je metodom AAS utvrđivan sadržaj bakra.

Rezultati i diskusija

Osnovna hemijska i fizička svojstva ispitivanih smonica Srbije su data u Tabelama 1 i 2. Između smonica koje su duže vremena različito korišćene (livade i njive) nije nađena ni jedna značajna razlika u vrednostima za osnovna hemijska i fizička svojstva. To se vidi i iz dosta ujednačenih srednjih vrednosti za ispitivane osobine.

Po hemijskoj reakciji ispitivane smonice u Srbiji spadaju u proseku u neutralna zemljišta, mada ima slučajeva sa slabo kiselom i slabo alkalnom reakcijom. Prema sadržaju karbonata ova zemljišta su u ornichnom sloju bezkarbonatna, zatim slabo karbonatna i sa srednjim sadržajem CaCO₃. Ova zemljišta su u proseku humozna, imaju srednji sadržaj ukupnog azota i zato nešto veći, mada normalan za zemljišta, odnos C:N (oko 13:1). U proseku su siromašna pristupačnim fosforom, sa širim variranjima i manjom pojavom srednjih i visokih sadržaja (kod njivskih zemljišta). Nađena je dobra obezbeđenost pristupačnim kalijumom i u proseku i za skoro sve uzorke dobijeni su visoki sadržaji (> 20 mg/100 g). Prema dobijenim rezultatima za CEC ova zemljišta prosečno imaju srednju sposobnost za adsorpciju katjona (oko 25 mmolekv./100g).

Prema sadržaju mehaničkih frakcija (pesak, prah, glina) ova zemljišta spadaju u srednje i teže glinovita (Tabela 2).

Na osnovu ispitivanja sadržaja ukupnog Cu u analiziranim smonicama (Tabela 3) može se govoriti o njegovom prirodnom, geohemijskom poreklu, jer nađene srednje vrednosti od 36,9 mg kg⁻¹ za livade i 29,8 mg kg⁻¹ za njive, kao i vrednosti ukupnog Cu u pojedinačnim uzorcima, uz određena variranja, spadaju u normalne vrednosti za nezagađena zemljišta, kao što je navedeno u uvodu.

Prema sadržaju pristupačnog bakra, određenog upotrebom tri različita ekstrakciona sredstva, ispitivane smonice imaju, prema graničnim vrednostima, **Ankerman**, 1977, visok i vrlo visok nivo. To sve govori o veoma dobroj obezbeđenosti pristupačnim Cu ispitivanih smonica i da u tom pogledu u tim

Tabela 2. Mehanički sastav ispitivanih smonica Srbije (srednja vrednost, standardna devijacija i interval, u %)

Mechanical Composition of Observed Serbian Smonitza (Means, Standard Deviation and Interval, in %)

Način korišćenja zemljišta Mode of soil utilisation	Ukupan pesak > 0,02 mm Total sand	Prah Silt 0,02-0,002 mm	Glina < 0,002 mm Clay	Glina+prah < 0,02 mm Clay+silt
Livada Meadow	32,24±9,0 22,3-50,5	22,8±5,56 11,9-29,4	44,9±11,9 28,9-64,3	67,7±9,0 49,5-77,7
Njiva Field	29,57±4,8 21,4-36,0	24,6±3,61 18,8-31,2	45,8±7,25 33,5-54,4	70,8±4,8 64,0-78,6
t-test livada:njiva meadow:field	ns	ns	ns	ns

zemljištima neće biti nikakvih problema pri gajenju biljaka. Pored toga, iz Tabele 3 se vidi da su svuda nađene dosta veće vrednosti za Cu kod livada, s tim što "t-test" nije pokazao značajne razlike između smonica pod livadama i njivama, najviše zbog širokih intervala u kojima se kreću prikazani rezultati.

Tabela 3. Sadržaj ukupnog i pristupačnog bakra (srednja vrednost, standardna devijacija i interval, mg/kg) u ispitivanim smonicama Srbije

Content of Total and Available Copper (Means, Standard Deviation and Interval, mg kg⁻¹) in Observed Serbian Smonitza

Način korišćenja zemljišta Mode of soil utilisation	Ukupni Cu Total Cu	Pristupačni Cu - Available Cu		
Livada Meadow	36,9±18,5 18-74	7,0±6,3 1,6-19,7	5,7±5,7 2,3-17,4	1,7±1,8 0,5-6,3
Njiva Field	29,8±9,8 17-49	4,1±1,6 2,4-8,0	3,1±1,5 1,8-6,8	0,7±0,2 0,5-1,3
t-test livada:njiva meadow:field	ns	ns	ns	ns

Rezultati izvedenog oglada u sudovima sa biljkama ovsu, sa uzorcima zemljišta iz navedenih lokacija, a iz tretmana bez primene đubriva (kontrole), prikazani su u Tabeli 4. Prinosi biljaka (suva masa) su se kretali između 5,43-10,31 g/sud, a prosečne vrednosti su bile: 7,58 g/sud za livade i 7,01 g/sud za njive. Zbog širokih intervala variranja rezultata za prinose nisu nađene značajne razlike između zemljišta korišćenih kao livade i njive.

Sadržaj ukupnog Cu u suvoj biljnoj masi se kretao oko 11 mg kg⁻¹ i bio je dosta ujednačen za sve lokacije i načine korišćenja zemljišta, uz dosta mali interval variranja rezultata. Dobijene vrednosti za sadržaj Cu u biljkama ovsu odgovaraju J. Sci. Agric. Research/Arh. poljopr. nauke 63, 223-224 (2002/3-4), 63-73

Tabela 4. Prinosi gajenih biljaka (ovas), sadržaji Cu u biljkama i iznošenje Cu prinosom (srednja vrednost, standardna devijacija i interval)
Yields of Cultivated Plants (Oat), Cu Content in Plants and Outtake of Cu by Yeild (Means, Standard Deviation and Interval)

Način korišćenja zemljišta Mode of soil utilisation	Prinos SM ovasa (g/sud) Oat DM yield (g pot ⁻¹)	Sadržaj Cu u SM biljke (mg/kg) Cu concent in plant Dm (mg kg ⁻¹)	Iznošenje Cu biljnim prinosom (mg/sud) Cu outtake by plant yield (g pot ⁻¹)
Livada Meadow	7,58±1,2 5,53-10,31	10,99±0,91 9,7-11,8	83,30±14,13 63,69-113,41
Njiva Field	7,01±0,86 5,43-7,96	10,77±0,56 9,8-11,7	75,50±9,92 58,6-87,6
t-test livada:njiva meadow:field	ns	ns	ns

optimalnim nivoima (5-25 mg kg⁻¹) za ovu biljku, *Westfall i sar.*, 1990. U pogledu ukupnog iznošenja Cu (mg/sud) dobijene su nešto više vrednosti za zemljišta sa livada, dok su variranja vrednosti bila veća, uključujući i biljne prinose. Kako za koncentraciju Cu u suvoj biljnoj masi, tako i za njegovo ukupno iznošenje biljnim prinosom, nisu nađene značajne razlike između zemljišta sa livada i njiva.

O stanju CU u ispitivanim smonicama Srbije može se nešto više saznati i preko međusobnih korelacija između nađenih količina za ukupne i pristupačne sadržaje Cu, kao i preko korelacija oblika Cu u zemljištu prema osnovnim hemijskim i fizičkim svojstvima ispitivanih zemljišta (Tabele 5 i 6). Prvo, dobijene su jake korelativne veze između vrednosti za ukupni Cu i vrednosti za njegove pristupačne sadržaje. Drugo, vrednosti za pristupačni Cu su međusobno u jakoj korelativnoj vezi, bez obzira na različita sredstva za ekstrakciju. Ovi podaci nam ukazuju na to da je Cu

Tabela 5. Koeficijenti korelacije između ukupnih i pristupačnih sadržaja Cu u ispitivanim zemljištima
Correlation Coefficients between Total and Available Cu Contents in Observed Soils

	Ukupni Total Cu	Pristupačni Available Cu (0,1N HCl)	Pristupačni Available Cu (DTPA)	Pristupačni Available Cu (1 N NaOAc)
Ukupni Cu	-			
Pristupačni Cu (0,1N HCl) Available Cu (0,1N HCl)	0,88**	-		
Pristupačni Cu (DTPA) Available Cu (DTPA)	0,84**	0,96**	-	
Pristupačni Cu (1 N NaOAc) Available Cu (1 N NaOAc)	0,76**	0,94**	0,94**	-

** - značajno na nivou verovatnoće 0,01 - significant at 0.01 probability level

u smonicama Srbije prirodnog, geohemijskog porekla, kao i to da se primenjene metode (3) za određivanje pristupačnog Cu u zemljištu mogu ravnopravno koristiti kada se radi o zemljištima tipa smonice.

Pored toga, za objašnjenja o poreklu i ponašanju bakra u zemljištima od značaja su i korelativne veze između oblika Cu u zemljištu i raznih hemijskih i fizičkih svojstava zemljišta (Tabela 6). Tu je nađen vrlo mali broj korelacija kod ukupnog Cu za prah (-0,44^{*}) i kod pristupačnog Cu (1 M NaOAc) za ukupni pesak (0,54^{*}) i prah (0,54^{*}). Ovi podaci ukazuju na to da skoro ni jedno od ispitivanih svojstava zemljišta nije bitnije uticalo na sadržaj raznih oblika Cu u njima. To ukazuje na geohemijsko poreklo Cu i manji uticaj pedogenetskih procesa na njegovo stanje u smonicama iz Srbije.

Na kraju su date i korelacije između sadržaja Cu u biljkama ovsa i iznetih količina biljkama prema oblicima Cu u zemljištu, kao i prema hemijskim i fizičkim svojstvima zemljišta (Tabela 7). Nađena je samo korelacija, ali ne jako značajna, između koncentracije Cu u biljkama i sadržaja ukupnog Cu u ispitivanim zemljištima. To se moglo očekivati, jer su sadržaji pristupačnog Cu u zemljištima, za metode gde se daju granične vrednosti (0,1 M HCl, DTPA), bili visoki ili vrlo visoki. U takvim uslovima biljke ovsa su usvojile potrebne količine bakra i među njima nije bilo razlika i izraženih uticaja raznih svojstava zemljišta. I ovo je dokaz da su zemljišta tipa smonica u Srbiji dobro obezbeđena bakrom, jednim od važnijih mikroelemenata za ishranu biljaka i da u tom pogledu ispoljavaju svojstvo povoljne plodnosti.

Zaključak

Na osnovu prikazanih rezultata o stanju mikroelemenata - Cu u smonicama Srbije mogu se izvesti sledeći zaključci:

U ispitivanim zemljištima nađeni su normalni, geohemijski sadržaji ukupnog Cu u intervalu od 17 -74 mg kg⁻¹.

Primenjene tri metode za određivanje pristupačnog Cu u zemljištu mogu se ravnopravno koristiti, jer su dobijeni rezultati pokazali jake međusobne korelacije, kao i prema sadržaju ukupnog Cu.

Usvajanje Cu u biljkama ovsa bilo je ujednačeno, a nađeni sadržaji optimalni, što ukazuje na dobru obezbeđenost ispitivanih smonica Srbije u pogledu pristupačnog bakra za ishranu biljaka.

Literatura

Ankerman, D. and R. Large (1977): Minor Elements. In: Soil and Plant Analysis, ed. Soil, USA, pp. 34-45.

Baker, D.E. and **L. Chesnin** (1975): Chemical monitoring of soils for environmental quality and animal and human health. *Advances in Agron.* 27: 305-374.

- Baker, D.E.** and **J.P. Senft** (1995): Copper. In: Heavy Metals in Soils, ed. B.J. Alloway, Black Acad. Press, London, U.K.
- Bogdanović, M., L. Manuševa, M. Pantović, H. Resulović, B. Savić i A. Vajneberger** (1973): O stanju istraživanja u oblasti hemije zemljišta u Jugoslaviji i smjericama daljih istraživanja. U: Razvoj i aktuelni problemi u proučavanju zemljišta Jugoslavije, izd. Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, str. 43-56.
- Delas, J.** (1963): The toxicity of copper accumulated in soils. *Agrochimica* 7: 258-288.
- Jakovljević, M., i S. Blagojević** (1997): Dosadašnja proučavanja i naredni zadaci u oblasti hemije zemljišta. U: Uređenje, korišćenje i očuvanje zemljišta, izd. Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta, str. 139-149.
- Jakovljević, M., M. Pantović i M. Petrović** (1983): Dosadašnja proučavanja i naredni zadaci u oblasti hemije zemljišta. *Poljopr. šumar.* **XXIX** (3-4): 17-47.
- Lindsay, W.L.** (1972): Inorganic Phase Equilibria of Micronutrients in Soils. In: Micronutrients in Agriculture, ed. Soil Sci. Soc. America, Inc., Madison, USA, pp. 41-57.
- Westfall, D.G., D.A. Whitey and D.M. Brandon** (1990): Plant Analysis as an Aid in Fertilizing Small Grains. In: Soil Testing and Plant Analysis, 3rd ed. - SSSA Book Series, no. 3, Soil Sci. Soc. of Am., 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA.

Primljeno: 30.07.2002.

Odobreno: 17.10.2002.

* *
*

Content and Availability of Copper in Serbian Smonitza Soils

Miodrag JAKOVLJEVIĆ¹, Jelena MILIVOJEVIĆ²,
Svetlana ANTIĆ-MLADENOVIĆ¹ and Miodrag JELIĆ²

¹Faculty of Agriculture, Beograd

²Serbia Agricultural Research Institute, Belgrade

Centre of Small Grains, Kragujevac

Summary

The soils samples of typical simonitza soils were collected from the plough layers at 10 locations in Serbia. The basic physical and chemical properties, as well as, the total and available Cu content in the soil were determined. The availability of Cu was also evaluated through the pot experiment with oat as a test plant.

The regular, geochemical levels of the total Cu were found in our smonitza soils (mean 33.35 ppm, range 17-74 ppm). The available Cu content, determined after the extraction with different reagents (0.1 N HCl, DTPA and acid solution of NaOAc), was in correlation with its total content in the soil. The extraction efficiency of Cu from the soil varied (15.8%, 13.2% and 3.5%) in respect to its total content.

The concentration of Cu in oat plants was about 11 ppm, with very low variations. This, as well as the statistically insignificant correlation coefficient between absorbed Cu and its content in the soil, indicates that the investigated smonitzas are well supplied with available Cu.

Received: 30/07/2002

Accepted: 17/10/2002

Adresa autora:

Miodrag JAKOVLJEVIĆ

Institut za istraživanja u poljoprivredi "Srbija"

Centar za strna žita

Save Kovačevića 31

34000 Kragujevac

Jugoslavija

e-mail: