

## **EFEKAT TRI NIVOVA KALCIFIKACIJE NA SADRŽAJ MOBILNOG AL I KISELOST KOD DISTRIČNO SMEDEG ZEMLJIŠTA**

*Nebojša Gudžić<sup>1</sup>, Miroljub Aksić<sup>1</sup>, Slaviša Gudžić<sup>1</sup>, Miodrag Jelić<sup>1</sup>,  
Aleksandar Vuković<sup>1</sup>*

**Izvod:** Ograničena plodnost kiselih zemljišta uslovljena je visokom koncentracijom  $H^+$  i  $Al^{3+}$ , nekih organskih kiselina i teških metala, ali i malom pristupačnošću nekih hraniva i ograničenom mikrobiološkom aktivnošću. Studija je vođena da se utvrdi efekat tri nivoa kalcifikacije (delimična – 1/3 Y1, polovična – 1/2 Y1 i potpuna kalcifikacija) na neutralizaciju kisele reakcije i visokog sadržaja mobilnog Al kod distrično smeđeg zemljišta u okolini Kosovske Mitrovice. Punom kalcifikacijom je skoro u potpunosti neutralisana kiselina reakcija, a nivo mobilnog Al smanjen ispod  $1.0 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ . Istovremeno je zabeležen zadovoljavajući stepen smanjenja pH i Al.

**Ključne reči:** kalcifikacija, distrično smeđe zemljište, kiselina zemljišta, Al

### **Uvod**

Kiselina zemljišta stvaraju niz poteškoća u poljoprivredi, posebno u proizvodnji kvalitetne i biološki vredne hrane. Brojni su faktori koji ograničavaju plodnost ovih zemljišta. Visoka koncentracija H i Al jona, nekih organskih kiselina i teških metala, kao i mala pristupačnošću brojnih hranljivih elemenata (P, Ca, Mg, B, Zn, posebno Mo) samo su neki od faktora. Međutim, Al-toksičnost je glavni faktor stresa za biljke na zemljištima čiji  $pH \leq 5,5$  (Merino-Gergichevich et al., 2010; Poschenrieder et al., 2008), i u ovakvim uslovima njemu se pripisuje preovlađujući pritisak za adaptaciju gajenih biljaka (Ryan and Delhaize, 2010).

Kiselina sredina pogoduje povećanju prisustva trovalentnog katjona aluminijuma -  $Al^{3+}$  (Lidon and Barreiro, 2002; Kochian et al., 2005) i efekti Al-toksičnosti su primećeni i dobro opisani na korenu (Barceló and Poschenrieder, 2002; Panda and Matsumoto, 2007). Međutim i na gornjim delovima biljaka mogu biti prisutna oštećenja (Merino-Gergichevich et al., 2010), posebno na lišću, o kojima se malo zna. Danas ima sve više dokaza o negativnom uticaju aluminijuma na apsorpciju svetlosti, fotosintetički transport elektrona, razmenu gasova (Chen et al., 2005a; Chen et al., 2005b; Chen, 2006), fotosigurnosni sistem (Chen et al., 2005a; Ali et al., 2008), pigmente (Chen et al., 2005a; Mihailoovic et al., 2008; Milivojević et al., 2000), kao i na druge elemente vezane za strukturu ili funkciju fotosintetičkog aparata. Pored direktnog, Al deluje i indirektno na biljke tako što njegovi joni blokiraju adsorpciju fosfora i kalijuma i time izazivaju poremećaj rasta i razvoja useva (Zheng, 2010).

Kalcifikacija kiselih zemljišta je jedna od ključnih mera kojom može da se očuva ili poveća njihovu produktivnost (Mao et al., 2008; Repšiene and Skuodiene, 2010). Zato je ovo istraživanje imalo za cilj da se primenom različitog nivoa kalcifikacije na

---

<sup>1</sup>Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet u Kosovskoj Mitrovici - Lešak, Kopaonička bb, Lešak, Srbija (nebojsa.gudzic@pr.ac.rs);

distrično smeđem zemljištu definiše njihov efekat, kako na stepen neutralizacije kiselosti, tako i na sadržaja mobilnog Al.

### Materijal i metode rada

Istraživanja su izvedena 2014. i 2015. godine na distrično smeđem zemljištu (Dystric cambisol) u okolini Kosovske Mitrovice. Pre formiranja oglednog polja prikupljeni su prosečni uzorci zemljišta za analizu kako bi se odredila količina krečnog materijala prema nivoa kalcifikacije. Za kalcifikaciju je korišćen CaO visokog stepena finoće. Materijal je u obe godine primenjivan septembra, pre osnovne obrade, tako što je pravilno raspoređen po površini i predsetvenom pripremom inkorporiran u zemljište.

Primenjene stope CaO obračunate su prema vrednosti prve titracione vrednosti ( $Y_1$ ) i veličini ogledne parcele ( $50 \text{ m}^2$ ). Primenjene su tri varijante kalcifikacije:  $1/3 Y_1 \text{ CaO}$  (V-3),  $1/2 Y_1 \text{ CaO}$  (V-4) i  $Y_1 \text{ CaO}$  (V-5); kao i dve varijante bez kalcifikacije: varijanta samo sa primenom NPK (V-2) i varijanta bez kalcifikacije i primene đubrenja - kontrola (V-1). Đubriva su primenjivana i kod tri varijante sa kalcifikacijom. U svim slučajevima doze aktivnih materija azota, fosfora i kalijuma su bile: za N  $120 \text{ kg/ha}$ , za P i K po  $90 \text{ kg ha}^{-1}$ . Đubrenje je obavljeno po standardnoj tehnologiji za proizvodnju pšenice.

Ogled je postavljen kao randomizirani blok sistem (RCBD) u četiri ponavljanja. Veličina osnovne ogledne parcelice je bila  $50 \text{ m}^2$ , kultura pšenica sorte Pobeda.

U obe godine istraživanja tokom faze bokorenja pšenice (FB) i posle žetve (PŽ), određivan je pH na pH metru u 1:2,5 suspenziji sa vodom i 1M KCl. Istovremeno je određivan sadržaj izmenljivog ili mobilnog Al po metodi Sokolov-a. Hidrolitička kiselost, odnosno  $Y_1$  (po Kappen-u), suma adsorbovanih baznih katjona - S (po Kappen-u), totalni kapacitet adsorpcije - T (matematički kao  $S+H$ ) i stepen zasićenosti bazama - V % (matematički kao  $S/T \times 100$ ), određivani su samo posle žetve pšenice.

Statističke analize su izvedene na softveru SPSS, verzija 16. Efekti tretmana na svim varijantama su testirani ANOVA. Statističke razlike između tretmana su određivane korišćenjem t-testa (95 i 99%).

### Rezultati istraživanja i diskusija

Distrično smeđe zemljište, na kome su izvedena istraživanja, odlikuje kisela reakcija, nizak sadržaj organske materije i pristupačnog fosfora, srednja obezbeđenost pristupačnim kalijumom i visoka koncentracija razmenljivog aluminijuma (tab. 1).

Tabela 1. Agrohemijske karakteristike distrično smeđeg zemljišta pre kalcifikacije

*Table 1. Agrochemical characteristics of Dystric cambisol*

Godina	pH		$Y_1 \text{ cm}^3$	Humus %	Al	P	K
	$\text{H}_2\text{O}$	KCl					
2014	5,45	4,85	14,52	2,09	12,26	2,24	18,7
2015	5,52	4,87	13,95	2,33	13,86	2,94	15,10

Uticaj kalcifikacije na aktivnu, supsticionu i hidrolitičku kiselost je bio brz i vrlo značajan (tab. 2). Promene aktivne i supsticione kiselosti su bile očigledne kako pri

određivanju u fazi bokorenja, tako i kada je izvršena analiza nakon žetve. Najveće razlike su postojale kada su upoređivani tretmani gde nije urađena kalcifikacija (V-1, V2) sa tretmanima kod kojih su primenjene različite doze CaO (V-3, V-4, V-5). Razlike u stepenu kiselosti između grupa tretmana bez i sa kalcifikacijom su bile statistički vrlo značajne. Jasno su uočljive razlike i između varijanti kod kojih je urađena kalcifikacija. Sve razlike su bile statistički vrlo značajne, osim kod promena aktivne kiselosti u fazi bokorenja 2014. godine, kada je između prvog (V-3) i drugog nivoa (V-4) delimične kalcifikacije utvrđena statistički značajna razlika. Nastale promene, kako aktivne tako i supstitucione kiselosti, idu u prilog tvrdnjama neophodnosti kalcifikacije kiselih zemljišta (Busari et al., 2008; Jelić et al., 2011; Mao et al., 2008; Repšiene and Skuodiene, 2010), kako bi se stvorili povoljni uslovi za nesmetan rast i razvoj biljaka.

Tabela 2. Promena pH (H<sub>2</sub>O i KCl) i Y1 posle kalcifikacije  
 Table 2. The change pH (H<sub>2</sub>O i KCl) and Y1 after liming

Varijante	pH H <sub>2</sub> O				pH KCl				Y1	
	2014.		2015.		2014.		2015.		2014.	2015.
	FB	PŽ	FB	PŽ	FB	PŽ	FB	PŽ		
V-1	5,45	5,43	5,42	5,50	4,83	4,83	4,84	4,83	16,32	14,12
V-2	5,50	5,51	5,41	5,47	4,75	4,79	4,79	4,82	14,32	14,56
V-3	5,92	5,89	5,90	5,84	5,23	5,30	5,29	5,24	7,76	7,66
V-4	6,17	6,15	6,18	6,14	5,57	5,56	5,60	5,58	5,21	5,38
V-5	6,79	6,77	6,87	6,73	6,24	6,20	6,24	6,19	3,00	3,45
Lsd 0,05	0,24	0,08	0,10	0,09	0,12	0,10	0,14	0,09	1,69	1,56
Lsd 0,01	0,35	0,12	0,14	0,13	0,17	0,14	0,20	0,12	2,43	2,25

Treba istaći uočene promene pH i u toku jedne vegetacione sezone. Naime, u periodu između prve (faza bokorenja) i druge provere (posle žetve) došlo je do manjeg opadanja pH. Ovakav trend je očekivan jer brojni procesi u zemljištu, pre svih ispiranje, kao i usvajanje Ca od strane biljaka dovode do gubitaka kalcifikacionog materijala što neminovno dovodi do opadanja pH. Zato se često govori o vremenski ograničenom dejstvu ove mere, koju je iz tih razloga neophodno ponavljati. Pošto se problem kiselosti ne može definitivno otkloniti, potpuno je prihvatljiv praktičan pristup redovne primene umerenih količina krečnog materijala, kojim bi se kiselost zemljišta održavala na prihvatljiv nivo (Garscho and Parker, 2001). Na ovaj način dobit je višestruka. Manje količine kalcifikacionog materijala jedne strane su ekonomski opravdane, a sa druge omogućavaju bolju dostupnost hraniva, kao i povoljniji ambijent za rast i razvoj useva.

Promene su nastale i kod sume adsorbovanih baznih katjona (S), totalnog kapaciteta adsorpcije (T) i stepena zasićenosti bazama (V) i rezultat su uticaja kalcifikacije (tab. 3). Intenzitet promena je zavisio od nivoa kalcifikacije, odnosno od količine unetog CaO. Kao što je i očekivano najveće promene su se desile kod varijante gde je urađena puna kalcifikacija. Delimičnom (V-3) i polovičnom (V-4) kalcifikacijom su takođe postignuti zadovoljavajući rezultati u povećanju V (%). Efekat obe varijante bio je vrlo blizu onim rezultatima koji su se postigli primenom najvećih količina CaO. Ovakav efekat manjih količina kalcifikacionog materijala još jednom ide u prilog konstataciji da se i na ovaj način mogu vrlo uspešno ublažiti nepovoljne osobine kiselih zemljišta.

Tabela 3. Promene S, T i V posle kalcifikacije  
Table 3. The change S, T and V after liming

Varijante	S (mmol <sup>+</sup> 100 <sup>-1</sup> g)		T (mmol <sup>+</sup> 100 <sup>-1</sup> g)		V (%)	
	2014.	2015.	2014.	2015.	2014.	2015.
V-1	9,20	8,60	19,81	17,77	46,33	48,25
V-2	8,62	9,42	17,94	18,89	47,81	49,87
V-3	11,75	10,92	16,85	15,91	70,24	68,66
V-4	11,60	11,54	14,77	15,12	77,82	73,54
V-5	11,93	12,77	13,55	14,02	85,77	87,09
Lsd 0,05	1,732	1,381	2,563	1,764	5,213	4,577
Lsd 0,01	2,488	1,984	3,682	2,534	7,489	6,577

Sadržaj mobilnog aluminijuma je bio na nivou pri kome se očekuje depresivno dejstvo na useve. Međutim, kalcifikacijom je u obe godine istraživanja i pri svim nivoima popravke, korenito izmenjena slika njegovog sadržaja (tab. 4). Tako je prilikom prvog određivanja (faza bokorenja pšenice) kod varijante sa punom kalcifikacijom konstatovan sadržaj aluminijuma u tragovima.

Tabela 4. Promene sadržaja mobilnog Al (mg 100 g<sup>-1</sup>) posle kalcifikacije  
Table 4. The change in mobile Al content (mg 100 g<sup>-1</sup>) after liming

Varijanta	2014.		2015.	
	FB	PŽ	FB	PŽ
V-1	12,28	12,21	13,62	13,80
V-2	12,32	12,54	13,92	13,87
V-3	5,26	5,56	6,25	6,39
V-4	2,17	2,37	4,44	2,62
V-5	0,48	0,40	0,47	0,42
Lsd 0,05	0,35	0,28	0,35	0,07
Lsd 0,01	0,50	0,40	0,50	0,10

Prema rezultatima drugih autora kalcifikacija je imala isti efekat i na drugim tipovima zemljišta, kao što je pseudoglej (Dugalić et al., 2002, Jelić et al., 2011), Dystric albeluvisol (Repšiene and Skuodiene, 2010), lesivirani kambisol i pseudoglej (Pivić et al., 2011). U isto vreme i kod varijanti delimične (V-3), a posebno polovične kalcifikacije, sadržaj mobilnog aluminijuma je sveden na nivo kada je značajno smanjena opasnost njegovog toksičnog delovanja na usev.

### Zaključak

Uneti CaO je vrlo brzo delovao i maksimum promena postignut je pre određivanja u fazi bokorenja. Najveće promene su zabeležene u smanjenju svih oblika kiselosti i sadržaja mobilnog Al, kao i u povećanju stepena zasićenosti bazama. Stepem smanjenja sadržaja mobilnog Al delimičnom (1/3 Y<sub>1</sub>) i polovičnom kalcifikacijom (1/2 Y<sub>1</sub>)

opravdava i afirmiše ove nivoe popravke kiselih zemljišta. Glavne dobiti nižih nivoe kalcifikacije su manja ulaganja u kalcifikacioni material i smanjenje sadržaja mobilnog Al ispod granice toksičnosti, što ima veliko ekonomsko i ekološko opravdanje.

### Literatura

- Ali B., Hasah S.A., Hayat S., Hayat Y., Yadav S., Fariduddin Q., Ahmad A. (2008). A role for brassinosteroids in the amelioration of aluminium stress through antioxidant system in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Environmental and Experimental Botany*, 62 (2), 153-159.
- Barceló J., Poschenrieder C. (2002). Fast root growth responses, root exudates, and internal detoxification as clues to the mechanisms of aluminum toxicity and resistance: a review. *Environmental and Experimental Botany*, 48 (1), 75-92.
- Busari M.A., Salako F.K., Adetunji M.T. (2008). Soil chemical properties and maize yield after application of organic and inorganic amendments to an acidic soil in southwestern Nigeria. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6 (4), 691-699
- Chen L.S., Qi Y.P., Smith B.R., Liu X.H. (2005b). Aluminum-induced decrease in CO<sub>2</sub> assimilation in citrus seedlings is unaccompanied by decreased activities of key enzymes involved in CO<sub>2</sub> assimilation. *Tree Physiology* 25 (3), 317-324.
- Chen L.S., Qi Y.P., Liu X.H. (2005a). Effects of aluminum on light energy utilization and photoprotective systems in citrus leaves. *Annals of Botany*, 96 (1), 35-41.
- Dugalić G., Jelić M., Jovanović Ž. (2002). Effect of liming and fertilization on agrochemical properties of pseudogley soil in the Kraljevo basin. *Zemljište i biljka*, 51 (1), 41-50.
- Garscho G.J., Parker M.B. (2001). Long-term liming effects on coastal plain soils and crops. *Agronomy Journal*, 93 (6), 1305-1315.
- Jelić M., Milivojević J., Đalović I., Paunović A., Dugalić G. (2011). Amelioration of pseudogley soil using different ameliorants and fertilizers. *Proceedings. 46<sup>th</sup> Croatian and 6<sup>th</sup> International Symposium on Agriculture. Opatija*, pp 98 - 101.
- Kochian L.V., Pineros M.A., Hoekenga O.A. (2005). The physiology, genetics and molecular biology of plant aluminum resistance and toxicity. *Plant and Soil*, 274 (1), 175 – 195.
- Lidon F., Barreiro M. (2002). An overview into aluminum toxicity in maize. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 28 (3-4), 96 – 112.
- Mao J., Olk D.C., Fang X., He Z., Schmidt-Rohr K. (2008). Influence of animal manure application on the chemical structures of soil organic matter as investigated by advanced solid- state NMR and FT-IR spectroscopy. *Geoderma*, 146 (1-2), 353-362
- Merino-Gergichevich C., Alberdi M., Ivanov A., Reyes-Diaz M. (2010). Al<sup>3+</sup> - Ca<sup>2+</sup> interaction in plants growing in acid soils: Al-phytototoxicity response to calcareous amendments. *Journal Soil Science Plant Nutrition*. 10 (3): 217-243.
- Mihailovic N., Drazic G., Vucinic Z. (2008). Effects of aluminium on photosynthetic performance in Al-sensitive and Al-tolerant maize inbred lines. *Photosynthetica*, 46 (3), 476-480.

- Milivojević D.B., Stojanović D.D., Drinić S.D. (2000). Effects of aluminium on pigments and pigment-protein complexes of soybean. *Biologia Plantarum*, 43 (4), 595-597.
- Panda S.K., Matsumoto H. (2007). Molecular physiology of aluminum toxicity and tolerance in plants. *Botanical Review*, 73 (4), 326-347.
- Pivić R., Stojanović A., Maksimović S., Stevanović D. (2011). Chemical properties of soils and plant as affected by use of metallurgical slag. *Scientific Research and Essays*, 6 (8), 1793-1807
- Poschenrieder, C., Gunsé, B., Corrales, I., Barceló, J. (2008): A glance into aluminum toxicity and resistance in plants. *Science of the Total Environment*. 400 (1-3): 356 – 368.
- Repšiene R., Skuodiene R. (2010). The influence of liming and organic fertilisation on the changes of some agrochemical indicators and their relationship with crop weed incidence. *Žemdirbyste - Agriculture*, 97 (4), 3-14.
- Ryan P.R., Delhaize E. (2010). The convergent evolution of aluminium resistance in plants exploits a convenient currency. *Functional Plant Biology*, 37 (4), 275 – 284.
- Zheng S.J. (2010). Crop production on acidic soils: overcoming aluminium toxicity and phosphorus deficiency. *Annals of Botany*, 106 (1), 183-184.

## **THE EFFECT OF THREE LEVELS LIMING OF CONTENT MOBILE Al AND ACIDITY AT DYSTRIC CAMBISOL**

*Nebojša Gudžić<sup>1</sup>, Miroljub Aksić<sup>1</sup>, Slaviša Gudžić<sup>1</sup>, Miodrag Jelić<sup>1</sup>, Aleksandar Vuković<sup>1</sup>*

### **Abstract**

Limited acid soil fertility is caused by a high concentration of H<sup>+</sup> and Al<sup>3+</sup>, some organic acids and heavy metals, but also by a small accessibility of some nutrients and a small microbiological activity. This study has been conducted to determine the effect of three levels of liming (partial – 1/3 Y1, half – 1/2 Y1, and complete liming) on the neutralization of the acid reaction, a high content of mobile Al<sup>3+</sup> in Dystric cambisol soil near Kosovska Mitrovica. The complete liming has almost completely neutralized the acid reaction, and decreased the level of mobile Al below 1.0 mg kg<sup>-1</sup>. There has been a satisfactory degree of decrease in pH and Al.

**Key words:** liming, Dystric cambisol, acid soils, Al

---

<sup>1</sup>University of Priština, Faculty of agriculture Kosovska Mitrovica - Lešak, Kopaonička bb, Lešak, Serbia (nebojsa.gudzic@pr.ac.rs)