



## Uticaj dolomita na oksidativni stres u soji (*Glycine max* L.) gajenoj na kiselom zemljištu

Jovana Šučur\*, Vladimir Ćirić, Đorđe Malenčić

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija

\*Autor za kontakt: [jovana.sucur@polj.edu.rs](mailto:jovana.sucur@polj.edu.rs)

### SAŽETAK

Većina gajenih biljaka za svoj pravilan rast, razvoj i plodonošenje zahteva plodna zemljišta neutralne pH vrednosti. Niska pH vrednost zemljišta može biti ograničavajući faktor u biljnoj proizvodnji. U cilju povećanja pH vrednosti zemljišta moguća je upotreba prirodnih krečnih đubriva koja se koriste za neutralisanje kiselih zemljišta. Kako je dolomit našao primenu u poljoprivredi kao karbonatna sirovina koja neutrališe kiselost zemljišta, potrebno je ispitati i njegov uticaj na gajene biljke na različitim tipovima zemljišta. Cilj istraživanja je da se ispita uticaj dolomita na parametre oksidativnog stresa u soji gajenoj na dva tipa zemljišta, ritskoj crnici i distričnom kambisolu (u koje je inkorporiran dolomit u količinama od 0, 6, 12, 24 t/ha), određivanjem aktivnosti antioksidativnih enzima superoksid-dismutaze, katalaze i gvajakol-peroksidaze, kao i intenziteta lipidne peroksidacije u listu i korenu biljaka soje. Analizom dobijenih rezultata uočava se da količine dolomita od 12 i 24 t/ha pozitivno utiču na gajenu biljku na zemljištu distrični kambisol, što dalje potvrđuje pozitivan efekat primene dolomita u poljoprivredi kao karbonatne sirovine koja neutrališe kiselu zemljišta.

**KLJUČNE REČI:** dolomit, *Glycine max* L., oksidativni stres

### Uvod

Ekološki faktori (visoke i niske temperature, suša, ultraljubičasto-zračenje i dr.), mogu uzrokovati oksidativni stres kod biljaka. U toku oksidativnog stresa nastaju veoma reaktivni oblici kiseonika reactive oxygen species, ROS. Kod nekih biljaka produkcija ovih čestica je minimalna, dok je kod drugih uvećana i može izazvati različite metaboličke poremećaje. Neki od najvažnijih oblika reaktivnih kiseoničnih čestica su superoksid-radikal, hidroksil-radikal i vodonik-peroksid. Svi oni mogu da reaguju sa primarnim biomolekulima uzrokujući peroksidaciju esencijalnih membranskih lipida u intracelularnim organelama, oksidativnu modifikaciju proteina ili inhibiciju enzima, kao i modifikaciju DNK, usled čega ćelija gubi integritet i podleže nekrozi (Apel i Hirt, 2004; Elavarthi i Martin, 2010). Superoksid-radikal anjon ( $O_2^-$ ) nastaje prvi u nizu simultanih reakcija redukcije molekulskog kiseonika. Superoksid-radikal sam retko izaziva oštećenje ćelije, ali se smatra toksičnim, jer gradi vodonik-peroksid i hidroksil-radikal. Vodonik-peroksid ( $H_2O_2$ ) nastaje redukcijom molekulskog kiseonika sa dva elektrona u prisustvu vodoničnih jona. Nema nesporene elektrone i nije radikal, ali se svrstava u reaktivne kiseonične čestice jer lako stupa u reakcije sa metalima pri čemu nastaje hidroksil-radikal. Hidroksil-radikal ( $\cdot OH$ ) predstavlja najreaktivniji oblik kiseonika, reaguje u blizini mesta nastajanja i najčešće oštećuje molekul uz koga je nastao. Nastaje raskidanjem O-O veze u molekulu  $H_2O_2$  (najčešće pod uticajem toplote, jonizujućeg ili ultraljubičastog zračenja) (Popović, 2005). Povećana produkcija i akumulacija reaktivnih kiseoničnih vrsta koje dovode do oksidativnog stresa u ciljnoj ćeliji jeste jedan od efekata koji dovodi do ćelijske smrti (De Albuquerque i sar., 2011). Pod pojmom „oksidativni stres” definiše se stanje u kome je došlo do poremećaja između produkcije reaktivnih kiseoničnih vrsta i sistema zaštite (Dotan i sar., 2004; Mimica-Dukić i sar., 2010; Rahal i sar., 2014).

Biljke su tokom evolucije razvile enzimske i neenzimske sisteme zaštite od oksidativnih oštećenja. U neenzimske sisteme zaštite svrstavaju se supstance, tzv. antioksidanti, koje, prisutne u manjoj koncentraciji u odnosu na supstrat koji se oksiduje, mogu da spreče njegovu oksidaciju (Niki, 2010; Ghasemzadeh i Ghasemzadeh, 2011; Lopez-Alarcona i Denicolab, 2013). U neenzimske antioksidante ubrajaju se karotenoidi, redukovani glutation, askorbinska kiselina i drugi, koji zajednički odstranjuju, tj. „čiste” organizam od toksičnih radikala. Grupi neenzimskih antioksidativnih sistema zaštite, pored napred navedenih, pripadaju i biljni fenoli, pre svega flavonodi i tanini. U enzimske sisteme zaštite svrstavaju se antioksidativni enzimi: superoksid-dismutaza, katalaza, različite peroksidaze, glutation-reduktaza i drugi (Popović i Štajner, 2008). Navedeni enzimi imaju važnu ulogu u zaštiti ćelije (Kuthan i sar., 1986). Aktivnost antioksidativnih enzima je u bliskoj vezi sa uslovima sredine u kojima se biljka nalazi i predstavlja odgovor biljke na stres (Sunmonu i Van Staden, 2014).

Kako je odgovor biljke na abiotički stres u bliskoj vezi sa promenom enzimske aktivnosti u njenim tkivima i organima (Sunmonu i Van Staden, 2014), promena aktivnosti enzima i intenzitet lipidne peroksidacije su glavni markeri oksidativnog stresa (Taulavuori i sar., 2001; Cao i sar., 2011). Povećana produkcija reaktivnih vrsta kiseonika može da dovede do povećane aktivnosti enzima antioksidativnog odgovora poput superoksid-dismutaze (SOD), gvajakol-peroksidaze (GPx) i dr. (Mandal i sar., 2013), koji imaju važnu ulogu u zaštiti ćelije (Kuthan i sar., 1986). Sa druge strane, prekomerna akumulacija vodonik-peroksida može da dovede i do inhibicije enzimske aktivnosti, pri čemu biljka ostaje nezaštićena tj. podložna oksidativnom stresu prouzrokovanim slobodnim radikalima (Mandal i sar., 2013). Formirani slobodni radikali su inicijatori lipidne peroksidacije, lančane reakcije u kojoj dolazi do oksidacije membranskih lipida i njihove dekompozicije pri čemu se stvara veliki broj visokoreaktivnih intermedijera kao što su alkil-radikali, peroksi- i alkoksi-radikali i lipidni hidroperoksidi. Jedan od krajnjih proizvoda lipidne peroksidacije je malondialdehid (MDA), čije određivanje sadržaja služi za merenje intenziteta lipidne peroksidacije (Štefan i sar., 2007), a samim tim i nivoa oksidativnog stresa koji biljka trpi.

Za pravilan rast i razvoj gajenih biljaka potrebna su plodna zemljišta. U Srbiji ima oko 60% kiselih zemljišta, zakišeljavanje zemljišta je prirodan proces, a takođe može biti povećano aktivnostima čoveka. Problem kiselih zemljišta se rešava metodom koja se naziva kalcizacija, a ima za cilj da nisku pH vrednost zemljišta dovede na vrednosti umereno kiselog do neutralnog zemljišta. Kalcizacija zemljišta se primenivala još u doba starog Rima, a podrazumevala je primenu krečnih đubriva prirodnog porekla. U novije vreme se primenjuju i krečna đubriva industrijskog porekla tj. ona koja se javljaju kao nusproizvodi u fabrikama. U prirodna đubriva namenjena kalcizaciji spadaju krečnjak, dolomit, laporac, pečeni kreč, a među industrijskim kao najpoznatija se izdvajaju saturacioni mulj iz fabrika šećerana, prašina iz fabrika cementa i kalcijum-silikat (Thomas i Hargrove, 1984).

Ritska crnica, humoglej, pripada klasi glejnih zemljišta sa A-G profilom, najviše je zastupljena u celoj Vojvodini, tj. u Banatu, Bačkoj i Sremu, sa oko 341.000,00 ha. Uglavnom se koristi za ratarsku i povrtarsku proizvodnju. Karbonatne ritske crnice imaju pH vrednost 7,0-8,5, dok nekarbonatne imaju pH 6-7, a alkalizirane imaju pH vrednost preko 8,5. Distrični kambisol, distrično smeđe zemljište, poznatije kao gajnjača, je nekarbonatno slabo kiselo zemljište, pH vrednosti 5,5-6,8. Rasprostranjeno je u Šumadiji, Pomoravlju, Mačvi, Semberiji i Kosovu (Jakšić, 2014).

Za pravilan rast i razvoj biljaka soje, posebno korenovog sistema, potrebna su strukturalna, rastresita i plodna zemljišta, koja nisu sklona formiranju pokorice, optimalne kiselosti (pH 6-8), dobrih vodnih i vazdušnih osobina. Teška, glinovita i zabarena zemljišta nisu pogodna za gajenje soje. Soja se može uspešno gajiti na černozeu, livadskoj i ritskoj crnici, smonici i aluvijalnim zemljištima. S obzirom na to da je dolomit našao primenu u poljoprivredi kao karbonatna sirovina koja neutrališe kiselost zemljišta, potrebno je ispitati i njegov uticaj na gajene biljke.

Cilj istraživanja u ovom radu je ispitivanje uticaja dolomita na parametre oksidativnog stresa u soji gajenoj na dva tipa zemljišta, ritskoj crnici i distričnom kambisolu, u koje je inkorporiran dolomit (u količinama 0, 6, 12, 24 t/ha, odnosno njihovim ekvivalentima na 700 g zemljišta u saksijama), određivanjem aktivnosti antioksidantnih enzima superoksid-dismutaze, katalaze i gvajakol-peroksidaze, kao i intenziteta lipidne peroksidacije, u listu i korenu gajenih biljaka.

## Material i metod rada

### **Priprema biljnog materijala**

Različite količine dolomita (0, 6, 12, 24 t/ha, odnosno njihovih ekvivalenata na 700g zemljišta u posudama za gajenje) inkorporirane su u dva tipa zemljišta, distrični kambisol i ritsku crnicu. Biljke soje (*Glycine max* L.) sorta Novosadska su gajene na tako pripremljenom zemljištu (pet biljaka soje po posudi, u četiri ponavljanja). Nakon 30 dana uzimano je iz svake posude po pet biljaka soje za pripremu ekstrakata za biohemijske analize. Biohemijski parametri određeni su u ekstraktima svežeg biljnog materijala. Kao kontrola korišćene su biljke soje gajene na netretiranom zemljištu.

### **Priprema ekstrakata za određivanje biohemijskih parametara**

Ekstrakti svežeg biljnog materijala (listova i korena soje) za biohemijske analize dobijeni su homogenizacijom 1g svežeg biljnog materijala u avanu uz dodatak 10ml 0,1 mol/dm<sup>3</sup> KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> pufera (pH 7). Ekstrakti su centrifugirani na 10.000 rpm, 15 minuta. Supernatant je korišćen za dalje analize.

### **Određivanje aktivnosti antioksidativnih enzima**

Aktivnost superoksid-dismutaze (SOD, EC 1.15.1.1) određena je po metodi Mandal i sar. (2008) sa malim izmenama, koja se zasniva na principu sposobnosti inhibicije fotohemijske redukcije nitroblutetrazolijum-hlorida (NBT). Reakcioni medijum činili su: fosfatni pufer (pH 7,8), NBT, L-

metionin, EDTA, riboflavin i ekstrakt svežeg biljnog materijala (odnosno vode u slepoj probi). Epruvete sa reakcionim smešama izložene su 15 min svetlosti fluorescentne lampe od 18 W, a zatim su očitane apsorbance slepe i radnih proba na  $\lambda = 560$  nm. Aktivnost superoksid-dismutaze izražena je u internacionalnim jedinicama (U), koje su definisane kao količina SOD potrebna za 50% inhibicije redukcije NBT, a u ovom radu je izražena kao broj U po gramu svežeg biljnog materijala (U/g sbm).

Aktivnost katalaze (CAT, EC 1.11.1.6), je određena pomoću vodonik-peroksida kao supstrata (Sathya i Bjorn, 2010). Radna proba je pripremljena dodavanjem ekstrakta svežeg biljnog materijala u 50 mmol/dm<sup>3</sup> fosfatnog pufera (pH 7) i 10 mmol/dm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Merena je apsorbance na  $\lambda = 240$  nm. Rezultati su izraženi kao broj U ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2/\text{min}$ ) po gramu svežeg biljnog materijala (U/g sbm).

Metoda za određivanje aktivnosti gvajakol-peroksidaze (GPx, EC 1.11.1.7), zasniva se na transformaciji gvajakola u tetragvajakol (Morkunas i Gmerek, 2007). Radnu probu činili su rastvor gvajakola, 1 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> i ekstrakt svežeg biljnog materijala. Apsorbance je očitana na  $\lambda = 430$  nm, po dodatku H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> u intervalu od po 1 minut. Aktivnost gvajakol-peroksidaze je izražena kao broj U ( $\mu\text{mol GV}/\text{min}$ ) po gramu svežeg biljnog materijala (U/g sbm).

### Određivanje intenziteta lipidne peroksidacije

Sadržaj malondialdehida (MDA), jednog od krajnjih proizvoda razgradnje membranskih lipida u ćelijama, koristi se kao merilo intenziteta lipidne peroksidacije (LP). Intenzitet lipidne peroksidacije određuje se pomoću tiobarbiturne kiseline (TBA), pri čemu je merena oksidacija lipida ćelijskih membrana preko reakcije lipid-peroksidnih produkata nastalih u reakcionom sistemu sa tiobarbiturnom kiselinom (TBA) (Mandal i sar., 2008.). Reakcione smeše, koju čine uzorak (ekstrakt svežeg biljnog materijala) i rastvor za ekstrakciju MDA (20 % trihlorsirćetna kiselina (TCA) : 0,5 % TBA = 3 : 1) zagrevane su 30 min na 90 °C na vodenom kupatilu. Zatim su ohlađene i centrifugirane 10 min na 10.000 rpm. Sadržaj MDA u dobijenom supernatantu očitana je spektrofotometrijski na  $\lambda = 532$  nm. Intenzitet lipidne peroksidacije izražen je brojem nmol MDA ekvivalenta po gramu svežeg biljnog materijala (nmol MDA ekvivalenta/g sbm).

### Aparatura

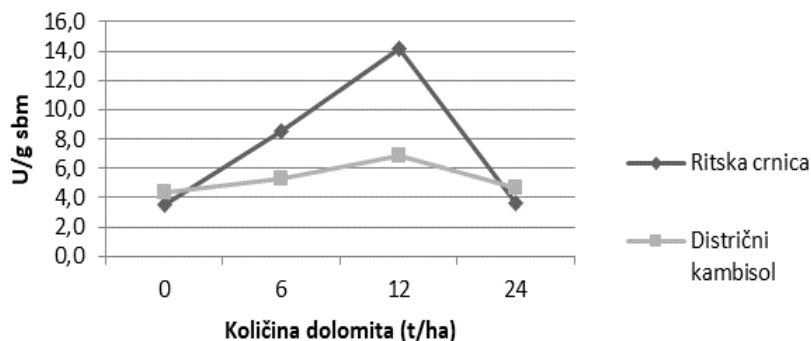
Metode u radu koje su korišćene zasnivaju se na merenju apsorbance (na određenoj talasnoj dužini) nastalog produkta. Za spektrofotometrijska merenja korišćen je spektrofotometar Thermo Scientific Evolution 220.

### Statistička obrada podataka

Eksperimenti su izvedeni u tri ponavljanja, a rezultati predstavljeni kao srednja vrednost. Određena je standardna greška (SE). Urađen je Duncan-ov test višestrukih intervala. Podaci su obrađeni primenom softverskog paketa Microsoft Excel for Windows version 2007 i Statistica for Windows version 12 (StatSoft, Inc, Tulsa, OK, USA).

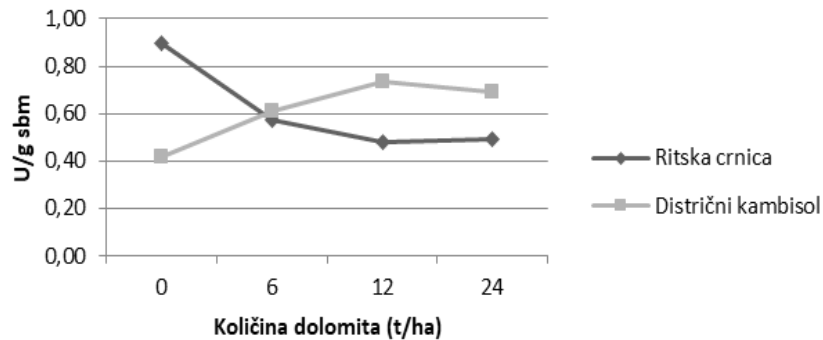
## Rezultati i diskusija

Na osnovu dobijenih rezultata za ispitivanje uticaja dolomita na parametre oksidativnog stresa u soji gajenoj na dva različita zemljišta, ritskoj crnici i distričnom kambisolu uočava se da je u listovima soje gajenoj na ritskoj crnici, zabeležena povećana aktivnost enzima katalaze primenom količine dolomita od 6 i 12 t/ha, i iznosila je 8,5 i 14,1 U/g sbm, redom (Grafikon 1.), dok je inhibicija aktivnosti uočena za enzim superoksid-dismutazu pri primeni dolomita u količini od 24 t/ha u odnosu na kontrolnu grupu (tretman: 123,1; kontrola: 182,6 U/g sbm) (Grafikon 3.).

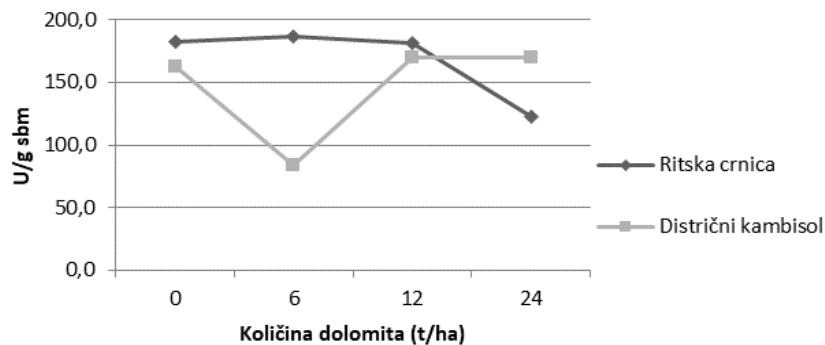


**Grafikon 1.** Aktivnost katalaze u listovima soje.  
**Figure 1.** The catalase activity in soybean leaves.

U listovima soje gajenoj na distričnom kambisolu zabeležena je povećana aktivnost enzima katalaze pri količini dolomita od 12 t/ha (tretman: 3,5; kontrola: 14,1 U/g sbm), dok je inhibicija aktivnosti uočena za enzim superoksid-dismutazu pri primeni dolomita od 6 t/ha (tretman: 83,5; kontrola: 163,1 U/g sbm) (Grafikon 1. i Grafikon 3.).

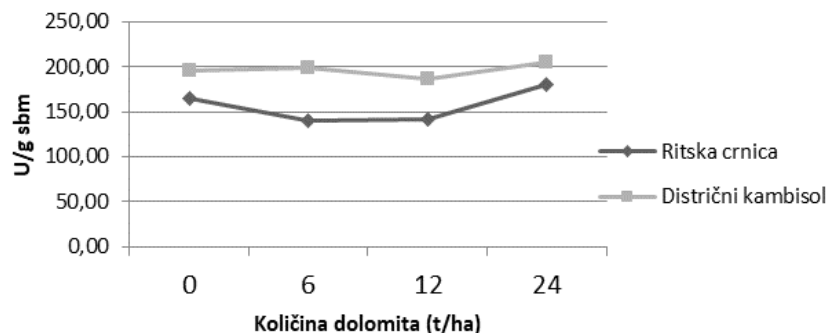


**Grafikon 2.** Aktivnost katalaze u korenu soje.  
**Figure 2.** The catalase activity in soybean root.



**Grafikon 3.** Aktivnost superoksid-dismutaze u listovima soje.  
**Figure 3.** The superoxide-dismutase activity in soybean leaves.

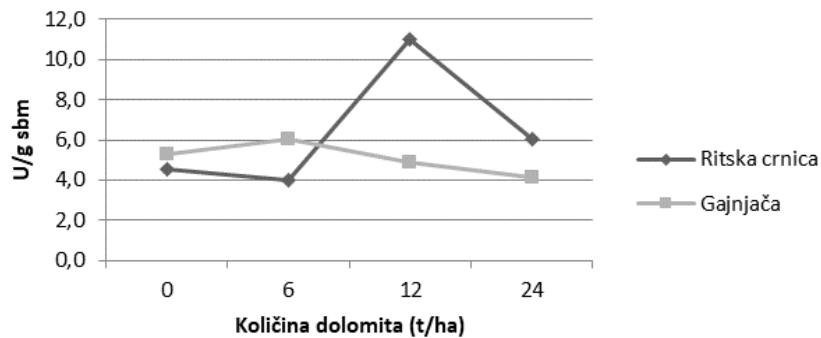
U korenu soje gajenoj na ritskoj crnici zabeležena je inhibicija aktivnosti za enzim katalazu pri svim tretmanima (6, 12 i 24 t/ha) u odnosu na kontrolnu grupu (0 t/ha) i iznosila je 0,57; 0,48 i 0,49 U/g sbm, redom, dok je u kontroli zabeležena aktivnost od 0,90 U/g sbm, kao i enzim superoksid-dismutazu u tretmanu dolomitom od 12 t/ha (tretman: 141,2; kontrola: 165,1 U/g sbm) (Grafikon 2. i Grafikon 4.). Nasuprot tome, u korenu soje gajene na distričnom kambisolu zabeležena je povećana aktivnost enzima katalaze pri svim tretmanima u odnosu na kontrolu. Najveća aktivnost zabeležena je u tretmanu sa 12 t/ha i iznosila je 0,74 U/g sbm, dok je u kontroli izmerena aktivnost od 0,42 U/g sbm. U tretmanu dolomitom od 24 t/ha zabeležena je povećana aktivnost i za enzim superoksid-dismutazu u odnosu na kontrolnu grupu (tretman: 204,3; kontrola: 195,7 U/g sbm)(Grafikon 2. i Grafikon 4.).



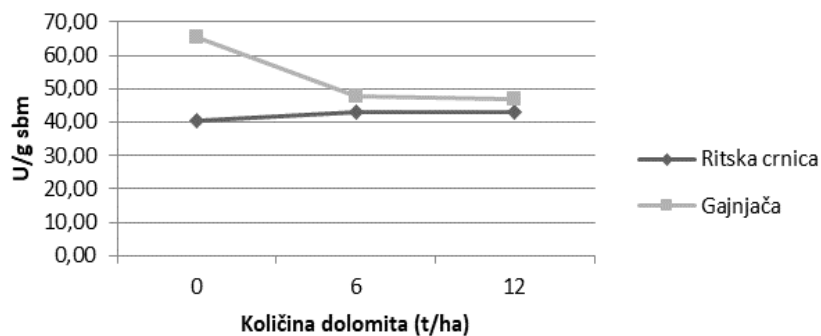
**Grafikon 4.** Aktivnost superoksid-dismutaze u korenu soje.  
**Figure 4.** The superoxide-dismutase activity in soybean root.

Tretman dolomitom doveo je do povećane aktivnosti enzima gvajakol-peroksidaze u listu soje gajene na zemljištu ritska crnica pri količini od 12 t/ha i iznosila je 11,0 U/g sbm, u poređenju sa kontrolnom grupom, gde je aktivnost enzima gvajakol-peroksidaze iznosila 4,5 U/g sbm. Sa druge strane, povećana aktivnost enzima gvajakol-peroksidaze zabeležena je u listu soje gajene na distričnom kambisolu u tretmanu sa 6 t/ha u odnosu na kontrolnu grupu, dok je u tretmanima sa većim koncentracijama zabeležena blaga inhibicija aktivnosti gvajakol-peroksidaze (Grafikon 5.).

U korenu soje gajene na zemljištu ritska crnica zabeležena je povećana aktivnost gvajakol-peroksidaze, pri čemu je najveća aktivnost izmerena u tretmanu sa 24 t/ha (49,6 U/g sbm). Inhibicija aktivnosti enzima gvajakol-peroksidaze u korenu soje gajene na distričnom kambisolu zabeležena je pri svim tretmanima (Grafikon 6.).

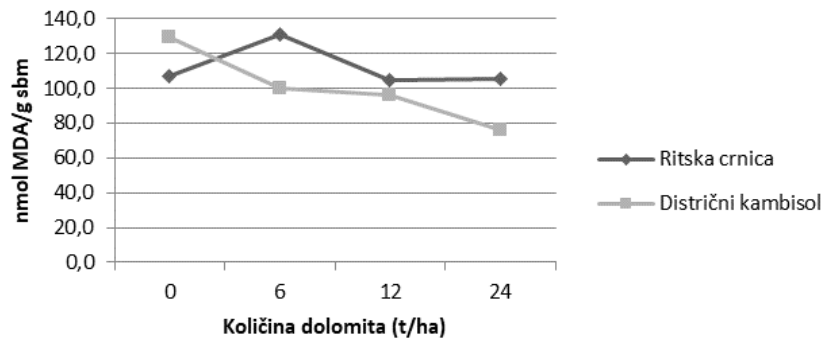


**Grafikon 5.** Aktivnost gvajakol-peroksidaze u listovima soje.  
**Figure 5.** The guaiacol-peroxidase activity in soybean leaves.



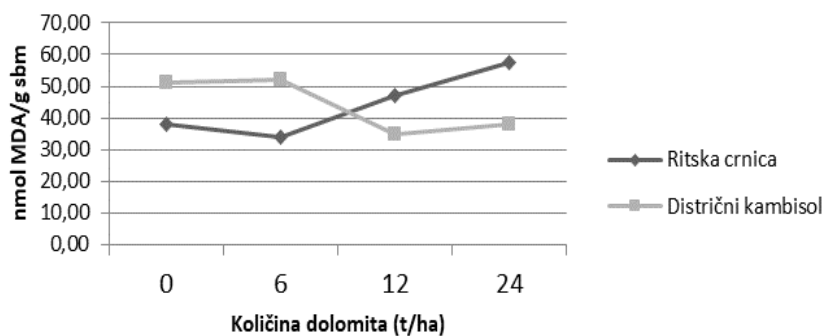
**Grafikon 6.** Aktivnost gvajakol-peroksidaze u korenu soje.  
**Figure 6.** The guaiacol-peroxidase activity in soybean root.

Sadržaj malondialdehida u listu soje gajene na ritskoj crnici veći je u biljkama tretiranim manjim količinama dolomita. Tretman dolomitom od 6 t/ha doveo je do povećanog sadržaja malondialdehida u listu soje gajene na ritskoj crnici (130,7 nmol MDA/g sbm), nasuprot tome u tretmanima sa većim količinama (12 i 24 t/ha) sadržaj malondialdehida se smanjio u poređenju sa sadržajem u kontrolnoj grupi (Grafikon 7.). U korenu soje je veći sadržaj malondialdehida zabeležen pri većim količinama (za primenjenu količinu od 12 t/ha iznosio je 47,26 nmol MDA/g sbm; dok je pri količini od 24 t/ha iznosio 57,73 nmol MDA/g sbm) (Grafikon 8.). U tretmanu od 6 t/ha zabeležen je manji sadržaj malondialdehida u odnosu na kontrolnu grupu biljaka.



**Grafikon 7.** Sadržaj malondialdehida u listovima soje.  
**Figure 7.** MDA content in soybean leaves.

U listovima soje gajene na distričnom kambisolu, zabeležen je manji sadržaj malondialdehida u svim tretmanima (6, 12 i 24 t/ha) u odnosu na kontrolnu grupu i iznosio je 100,1; 96,1 i 75,8 nmol MDA/g sbm, redom, što ukazuje da nije došlo do povećanog intenziteta lipidne peroksidacije, a samim tim ni do indukcije oksidativnog stresa u tretiranim biljkama soje (Grafikon 7.). U korenu soje zabeležen je manji sadržaj malondialdehida u tretmanima sa 12 i 24 t/ha, i iznosio je 34,92 i 38,14 nmol MDA/g sbm, redom u poređenju sa kontrolom, gde je zabeležen sadržaj malondialdehida preko 50 nmol MDA/g sbm (Grafikon 8.).



**Grafikon 8.** Sadržaj malondialdehida u korenu soje.  
**Figure 8.** MDA content in soybean root.

Rezultati dobijeni za sadržaj malondialdehida (MDA), krajnjeg proizvoda lipidne peroksidacije i najznačajnijeg parametra oksidativnog stresa, u listu i korenu soje gajene na različitim zemljištima tretiranim dolomitom ukazuju na različit uticaj kalcizacije zemljišta dolomitom na intenzitet lipidne peroksidacije u soji u zavisnosti od zemljišta u koje je dolomit inkorporiran, kao i od primenjene količine. Veće primenjene količine (12 i 24 t/ha) smanjuju oksidativni stres u listovima i korenu biljaka soje ukoliko se inkorporiraju u kiselo zemljište distrični kambisol, što za zemljište ritska crnica nije slučaj. Različit efekat primene dolomita kao sredstva za kalcizaciju na testirana dva zemljišta je očekivan, s obzirom na to da su korišćena dva tipa zemljišta različitih pH vrednosti. Primena dolomita ima pozitivan efekat ako se inkorporira u zemljište niže pH vrednosti, takozvano kiselo zemljište. Ukoliko je zemljište po karakteru bazno, izostaje pozitivan efekat primene sredstva za njegovu kalcizaciju. Dobijeni rezultati idu u prilog primeni dolomita u poljoprivredi kao karbonatne sirovine koja neutrališe kisela i slabokisela zemljišta, kakvo je i distrični kambisol, sa pozitivnim uticajem na soju, koja je izabrana za predstavnika gajenih biljaka u ovom istraživanju.

Rezultati ispitivanja većeg broja autora (Živanović i sar., 2001; Katić i sar., 2006; Jelić i sar., 2013) ukazuju na pozitivan uticaj kalcizacije zemljišta na prinose poljoprivrednih biljnih vrsta na kiselim zemljištima. Tako su prinosi soje, kukuruza i strnih žita povećani od 30% do nekoliko puta. Pored pozitivnog uticaja na prinose, poboljšane su i druge produktivne osobine biljaka (broj i masa zrna, masa korena i nadzemnog dela, žetveni indeks, broj i dužina internodija). Napred navedeno je u saglasnosti sa pozitivnim efektom kalcizacije zemljišta na podizanje nivoa plodnosti kiselih zemljišta, što se postiže snižavanjem njihove kiselosti, povećavanjem sadržaja organske materije, ukupnog azota, lakopristupačnog fosfora i kalijuma, smanjenjem sadržaja mobilnog aluminijuma, gvožđa i

mangana, kao i teških metala (Jelić i sar., 2015). Bošković-Rakočević i Bokan (2005) su u svojim istraživanjima pokazali da smanjenje kiselosti zemljišta kalcizacijom (vršenom bentonitom, kalcijum-oksikom i kombinacijom kalcijumovih i magnezijumovih oksida) dovodi do snižavanja sadržaja aluminijuma i pristupačnih oblika mangana i gvožđa u zemljištu. Do sličnih rezultata došli su i autori Dugalić i sar. (2006) i Jelić i sar. (2006) koji su u svojim istraživanjima pokazali da primena saturacionog mulja dovodi do značajnog smanjenja kiselosti zemljišta, kao i mobilnih formi jona aluminijuma, mangana i gvožđa u zemljištu. Takođe, navedeni autori su utvrdili većinom pozitivan uticaj primene saturacionog mulja na sadržaj humusa, pojedinih biogenih elemenata (ukupnog azota, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O i rastvorljivog CO<sub>2</sub>) i lakopristupačnog fosfora.

## Zaključci

Na osnovu rezultata dobijenih za aktivnost antioksidantnih enzima (katalaze, superoksid-dismutaze i gvajakol-peroksidaze) i sadržaja malondialdehida (MDA), u listovima i korenu soje gajene na tretiranim zemljištima zaključuje se da uticaj dolomita na gajenu biljku zavisi od tipa zemljišta u koje se inkorporira, pri čemu je primena dolomita na kiselom zemljištu distični kambisol imala pozitivan uticaj, a preporučene količine dolomita na zemljištu dističnog kambisola bile bi u intervalu od 12 do 24 t/ha. Dalja istraživanja bilo bi dobro usmeriti na ispitivanje uticaja i drugih sredstava koji se koriste za kalcizaciju zemljišta na gajene biljke radi dobijanja kompletnije informacije.

## Zahvalnica

Sredstva za realizaciju istraživanja obezbeđena su od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije (ugovor: 451-03-68/2020-14/ 200117).

## Literatura

- Apel, K., Hirt, H. 2004. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.* 55: 373–399.
- Boskovic-Rakocevic, Lj., Bokan, N. 2005. Neutralising Acid Soil for the Indispensable Microelements Mobility. *Acta Agric. Serb.* X(20): 23–28.
- Cao, P., Liu, C., Li, D. 2011. Effects of different autotoxins on antioxidant enzymes and chemical compounds in tea (*Camellia sinensis* L.). *Kuntze. Afr. J. Biotechnol.* 10(38): 7480–7486.
- De Albuquerque, M.B., Dos Santos, R.C., Lima, L.M., Melo Filho, P.A., Nogueira, R.J.M.C., Da Camara, C.A.G., Ramos, A.R. 2011. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 31: 379–395.
- Dotan, Y., Lichtenberg, D., Pinchuk, I. 2004. Lipid peroxidation cannot be used as a universal criterion of oxidative stress. *Prog. Lipid Res.* 43: 200–227.
- Dugalić, G., Katić, S., Vasiljević, S., Gajić, B., Lazarević, B., Đalović, I. 2006. Effect of liming on shanges in pseudogley agrochemical properties and alfalfa yield. *Zemljište i biljka.* 55(3): 249–257.
- Elavarthi, S., Martin, B. 2010. Spectrophotometric assays for antioxidant enzymes in plants. *Methods Mol. Biol.* 639: 273–281.
- Ghasemzadeh, A., Ghasemzadeh, N. 2011. Flavonoids and phenolic acids: Role and biochemical activity in plants and human. *J. Med. Plants Res.* 5: 6697–6703.
- Jakšić, S. 2014. Uticaj krmnog useva, tipa i plodnosti zemljišta na produktivnost i hemijski sastav kabaste stočne hrane. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Jelić, M., Dugalić, G., Milivojević, J., Đikić, A., Djekić, V., Tmušić, N., Gudžić, N. 2013. Influence of long-term application of fertilizers and ameliorative measures on soil properties and grain yield. The 1st International Congress on Soil Science XIII National Congress in Soil Science "SOIL-WATER-PLANT". *Proceedings.* 195–207.
- Jelić, M., Milivojević, J., Dugalić, G. 2006. Dosadašnji rezultati i perspective primene krečnog đubriva "Njival Ca" u popravci kiselih zemljišta na području Šumadije. U monografiji: Prirodne mineralne sirovine i mogućnosti njihove upotrebe u poljoprivrednoj proizvodnji i prehrambenoj industriji. Ž. Gajić (ed.). Savez poljoprivrednih inženjera i tehničara Srbije. Beograd. 125–133.
- Jelić, M., Milivojević, J., Dugalić, G., Đekić, V., Šekularac, G., Paunović, A., Biberdžić, M., Tmušić, N. 2015. Kalcizacija kiselih zemljišta u Centralnoj Srbiji. XX Savetovanje o Biotehnologiji. *Zbornik radova.* 20(22): 51–58.
- Katić, S., Vasiljević, S., Milić, D., Lazarević, B., Dugalić, G. 2006. Mogućnost gajenja lucerke i crvene deteline na pseudogleju uz primenu krečnjaka i rizobijuma. *Zbornik radova Naučnog Instituta za ratarstvo i povrtarstvo.* Novi Sad, 42: 31–39.
- Kuthan, H., Haussmann, H.J., Werringloer, J. 1986. A spectrophotometric assay for superoxide dismutase activities in crude tissue fractions. *Biochem. J.* 237: 175–180.

- Lopez-Alarcona, C., Denicolab, A. 2013. Evaluating the antioxidant capacity of natural products: A review on chemical and cellular-based assays. *Anal. Chim. Acta*, 763: 1–10.
- Mandal, C., Ghosh, N., Adak, M.K., Dey, N. 2013. Interaction of polyamine on oxidative stress induced by exogenously applied hydrogen peroxide in *Salvinia natans* Linn. *Theor. Exp. Plant Physiol.* 25(3): 203–212.
- Mandal, S., Mitra, A., Mallick, N. 2008. Biochemical characterization of oxidative burst during interaction between *Solanum lycopersicum* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 72: 56–61.
- Mimica-Dukić, N., Bugarin, D., Grbović, S., Mitić-Čulafić, D., Vuković-Gačić, B., Orčić, D., Jovin, E., Couladis, M. 2010. Essential Oil of *Myrtus communis* L. as a Potential Antioxidant and Antimutagenic Agents. *Molecules*. 15: 2759–2770.
- Morkunas, I., Gmerek, J. 2007. The possible involvement of peroxidase in defense of yellow lupine embryo axes against *Fusarium oxysporum*. *J. Plant Physiol.* 164: 185–194.
- Niki, E. 2010. Assessment of Antioxidant Capacity in vitro and in vivo. *Free Radical Bio. Med.* 49: 503–515.
- Popović, B., Štajner D. 2008. Oksidativni stres kod biljaka, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Popović, M. 2005. Biohemija biljaka, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Rahal, A., Kumar, A., Singh, V., Yadav, B., Tiwari, R., Chakraborty, S., Dhama, K. 2014. Oxidative Stress, Prooxidants, and Antioxidants: The Interplay. *Bio. Med. Res. Int.* 2014: 1–19.
- Sathya, E., Bjorn, M. 2010. Spectrophotometric Assays for Antioxidant Enzymes in Plants. In: Sathya, E., Bjorn M., (Eds.): *Plant Stress Tolerance*. Humana Press, Oklahoma, USA, pp. 273–280.
- Štefan, L., Tepšić, T., Zavidic, T., Urukalo, M., Tota, D., Domitrović, R. (2007): Lipidna peroksidacija-uzroci i posledice. *Medicina*. 43: 84–93.
- Sunmonu, T.O., Van Staden, J. 2014. Phytotoxicity evaluation of six fast-growing tree species in South Africa. *S. Afr. J. Bot.* 90: 101–106.
- Taulavuouri, E., Hellström, E.K., Taulavuouri, K., Laine, K. 2001. Comparison of two methods used to analyse lipid peroxidation from *Vaccinium myrtillus* (L.) during snow removal, reacclimation and cold acclimation. *J. Exp. Bot.* 52(365): 2375–2380.
- Thomas, G.W., Hargrove, W.L. 1984. The chemistry of soil acidity. In: *Soil acidity and liming* 2<sup>nd</sup> Ed., F.Adams (ed.), *Agronomy Monograph* 12, Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, pp. 3-56.
- Živanović, S., Stojanović, J., Jelić, M. 2001. Uticaj NPK, stajnjaka i krečnog đubriva na floristički sastav korovske zajednice i prinos tritikalea na kiselom zemljištu. *J. Sci. Agric. Research.* 62(216): 75–83.



## The influence of dolomite on oxidative stress in soybean (*Glycine max* L.) grown on acid soil

Jovana Šućur\*, Vladimir Ćirić, Đorđe Malenčić

University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Field and Vegetable Crops, Novi sad, Serbia

\*Corresponding author: [jovana.sucur@polj.edu.rs](mailto:jovana.sucur@polj.edu.rs)

### ABSTRACT

Most cultivated plants require fertile soil with neutral pH value for their proper growth, development and fruition. A lower pH values of the soil can be a limiting factor in plant production. In order to increase the soil pH, it is possible to use natural lime fertilizers to neutralize acid soil. As dolomite has found application in agriculture as a carbonate raw material that neutralizes soil acidity, its impact on cultivated plants on different soil types has to be examined. The aim of this study was to examine the effect of dolomite on the parameters of oxidative stress in soybean plants grown on two types of the soil, vertisol and dystric cambisol (in which dolomite was incorporated in amounts of 0, 6, 12, 24 t / ha) by determining the activity of the antioxidant enzymes superoxide-dismutase, catalase and guaiacol-peroxidase as well as the intensity of lipid peroxidation in the leaf and root of the soybean plants. The obtained results show that amounts of dolomite of 12 and 24 t/ha have a positive effect on the cultivated plant on the dystric cambisol soil, what further confirms the positive effect of the use of dolomite in agriculture as a carbonate raw material that neutralizes acid soil.

Primljen 23.01.2020.

Prihvaćen 29.06.2020.