

Važnost i uloga sumpora u gnojdbi vinove loze

Sažetak

Sumpor je važan element u uzgoju vinove loze. Prva uloga je svakako kao fungicid u borbi protiv pepelnice, međutim, sumpor ima važnu fiziološku ulogu u brojnim procesima u vinovoj lozi. Sumpor je važan u usvajanju i metabolizmu dušika. Isto tako, sumpor ima važnu ulogu u sintezi aminokiselina, od kojih je posebno važna sinteza metionina. Izvor sumpora za vinovu lozu su brojna gnojiva koja sadrže sumpor u sulfatnom obliku, poput kalij sulfata ili magnezij sulfata, dok drugi dio sumpora dolazi iz mineralizacije organske tvari u tlu. Zbog dokazanog pozitivnog učinka sumpora na aromatski profil brojnih sorata vinove loze, potrebno je voditi više računa o gnojdbi sumporom u uzgoju vinove loze.

Sumpor u tlu

Sumpor u tlu se može nalaziti u različitim anorganskim i organskim oblicima. Sumpor u organskim oblicima čini glavni izvor sumpora za biljke. Organski kompleksi sumpora u tlu bez ugljika su fenolni spojevi u tlu, lipidi i kolin sulfati koji nastaju razgradnjom organske tvari u tlu. Organske komplekse sumpora sa ugljikom uglavnom čine aminokiseline i prosječno čine oko 50 % organske frakcije sumpora u tlu (Whitehead, 1964). Anorganski oblik sumpora u tlu je uglavnom u obliku sulfatnog iona SO_4^{2-} . U sušnim, aridnim uvjetima, može doći do nakupljanja sulfatnih oblika u tlu, poput CaSO_4 , MgSO_4 i Na_2SO_4 , zbog izostanka prirodnog procesa ispiranja sulfata u tlu viškom oborina. U vlažnijim uvjetima, sa više vlage u tlu, sulfatni ion se veže na koloide tla (Scherer H., 2009). Količina sulfatnog iona u otopini tla uvijek je u ravnotežnom odnosu sa količinom sulfatnog iona koji je vezan na čvrstu fazu tla. Sulfatni ion se može dobro vezati na minerale gline u tlu, pogotovo na kaolinit i ilit (Byeong-Deok i sur., 2016). Kako su ovo dominantni minerali gline u našim vinogradarskim tlima, pogotovo na crvenicima i smeđim tlima, važno je znati da postoji mogućnost vezivanja dijela sulfatnog iona u takvim tlima. Međutim, porastom pH vrijednosti tla, slabi vezivanje sulfatnog iona na minerale gline, te stoga pH tla čini važan faktor raspoloživosti sumpora u tlu za rast i razvoj poljoprivrednih kultura (Pigna i Violante, 2003). S druge strane, kod pojave zadržavanja vode u tlu i pojave uvjeta redukcije, dolazi do formiranja željeznih sulfida (FeS , FeS_2) ili štetnog sumporovodika (H_2S). Prosječna ukupna količina sumpora u tlu kreće se u rangu od 0,005 do 0,04% (Simon-Sylvestre 1969). Ukupna količina sumpora u tlu ovisi o količini organske tvari u tlu i dinamici oborina ili vlage, koja može potaknuti ispiranje sumpora iz tla. Veća količina sumpora u tlu, može se pojaviti i kao industrijsko onečišćenje, zbog pojava tzv. „kiselih kiša“, pogotovo u blizini industrijskih središta gdje se koriste velike količine ugljena (poput termoelektrana).

Raspoloživost sumpora iz organskih oblika u tlu, značajno ovisi o mikrobiološkoj aktivnosti tla. Isto tako, proces oksidacije elementarnog sumpora (S) koji se u vinogradarskim tlima nalazi zbog primjene elementarnog sumpora u zaštiti vinove loze od pepelnice, također je mikrobiološki proces. Oksidaciju elementarnog sumpora u tlu, provode bakterije iz roda *Thiobacillus*. Međutim, aktivnost bakterija je usko vezana uz količinu humusa u tlu, raspoloživoj vodi u tlu (tijekom ljetnog sušnog perioda proces oksidacije staje zbog nedostatka vode) te povišene

¹ Dr. sc. David Gluhić, Veleučilište Rijeka, Poljoprivredni odjel Poreč, Carla Huguesa 6, 52440 Poreč, e-mail: davidgluhic@yahoo.com

količine bakra (Cu) u tlu, koji inhibira rad bakterija *Thiobacillus* (Scherer H., 2009).

Glavni problem sumpora u tlu je laka pokretljivost sumpornog iona SO_4^{2-} , koji je podložan ispiranju kod pojave veće količine oborina u tlu, a čini glavni oblik sumpora u tlu za biljke. S druge strane, organski oblik sumpora, čini samo rezervu sumpora u tlu, koji mora proći proces mineralizacije do sulfatnog iona SO_4^{2-} kako bi ga biljka mogla usvojiti (McNeill i sur., 2008). Nedostatak sumpora u tlu posljedica je upotrebe veće količine gnojiva koji ne sadrže sumpor, poput UREE, DAP (diamonij-fosfata) ili jeftinog kalij-klorida, te smanjenje upotrebe stajskog gnoja, koji je bio važan izvor sumpora u tlu.

Za analizu sumpora u tlu, najčešće se koristi metoda ekstrakcije sa 0,15% otopinom kalcij-klorida (CaCl₂). Ukoliko je količina sumpora manja od 10 ppm, potrebno je primijeniti sumpor u gnojidbi u tlo (Scherer H., 2009).

Fiziološka uloga sumpora

Korijen vinove loze sumpor može usvojiti iz tla isključivo u obliku sulfatnog iona SO_4^{2-} . Faktor koji utječe na usvajanje sulfatnog iona u tlu je pH vrijednost tla. Optimalna pH vrijednost tla za usvajanje iznosi oko 6,5 (Hendrix, 1967). Usvajanje sulfatnog iona u tlu je aktivan proces. Sulfatni ion se dobro kreće akropetalno, prema vegetacijskom vrhu biljke, dok je bazipetalno kretanje (od vegetacijskog vrha prema korijenu) vrlo slabo, te je stoga translokacija sulfatnog iona iz lista vrlo slaba. Ovo je važno znati, jer iz tog razloga, folijarna primjena sumpora tijekom vegetacije daje dobre učinke u gnojidbi vinove loze, pogotovo u sušnim uvjetima, kada je usvajanje sulfatnog iona iz tla vrlo malo. Isto tako, u tlima slabe mikrobiološke aktivnosti (visoka količina bakra u tlu, niska količina humusa i dr.) folijarna gnojidba sumporom predstavlja važan izvor sumpora.

Sumpor se u biljci ugrađuje u brojne organske spojeve, a poglavito u važne aminokiseline, cistein i metionin (Wilson i sur., 1978). Osim u sintezi aminokiselina, sumpor ima važnu ulogu u sintezi polipeptida, najviše glutaciona (Mengel i Kirkby, 1987). Sumpor je također gradivni element koenzima A (CoA), biotina i tiamina. Kroz sintezu tiamina, sumpor je važan u formiranju tiazola. Isto tako, sumpor ima važnu ulogu u usvajanju i metabolizmu dušika (Mengel i Kirkby, 1987).

Ukupna količina sumpora u biljci kreće se u rangu od 0,2 do 0,5% u suhoj tvari (Mengel i Kirkby, 1987). Kako je sumpor osnovni element sinteze proteina, kod nedovoljne količine sumpora u biljci, dolazi do inhibicije i smanjene sinteze proteina. Iz tog razloga dolazi do zastoja brojnih fizioloških procesa u biljci.

Važnost sumpora u gnojidbi vinove loze

Vizualno, u nasadu vinove loze, teško je razlikovati nedostatke sumpora od nedostatka dušika. U oba slučaja, boja lista je blijedo zelena, rast je usporen i biljke slabo napreduju. Zanimljivo je da u slučaju nedostatka sumpora, u listu dolazi do rasta nitrarnog i amidnog oblika dušika, ali boja i dalje ostaje blijedo zelena (Mengel i Kirkby, 1987). Kako je vinova loza kultura gdje se primjenjuje umjerena količina dušika, vrlo često, blijeda boja lisne mase indikator je nedovoljne količine sumpora. Optimalna količina sumpora u peteljci lista vinove loze u vrijeme cvatnje iznosi 0,21-0,50%, dok je optimalna količina u plojci lista u vrijeme dozrijevanja bobica 0,21-0,40% (Kay i Hill, 1998).

Lacroux i sur. (2008) proveli su istraživanje na sorti Sauvignon bijeli, o utjecaju folijarne gnojidbe sumporom, na količinu aromatskih spojeva u bobicama grožđa. Zajedničkom primjenom dušika i sumpora u folijarnoj gnojidbi (10 kg/ha N + 5 kg/ha S) izmjerili su u bobicama u vrijeme tehnološke zrelosti značajno više količine tiola i glutaciona, koji imaju važnu ulogu u aromatskom profilu sorte Sauvignon bijeli. Isto tako, izmjerili su i veće količine asimilacijskog

dušika u moštu, što je pozitivno utjecalo na tijek fermentacije i rada kvasaca. Dok je u kontrolnoj varijanti količina asimilacijskog dušika bila svega 72,7 mg/lit., količina asimilacijskog dušika kod zajedničke folijarne primjene sumpora i dušika bila je 115 mg/lit. Slične, pozitivne učinke folijarne gnojidbe sumporom i dušikom, u svojim je istraživanjima utvrdio i Dufourcq (2006) na sorti Colombard, te Lasa i sur. (2012) na sorti Merlot i Hannam i sur. (2014) na sorti Pinot sivi te Kelly i sur. (2017) na sorti Petit manseng.

Bruwer i sur. (2019) navode da kod nedovoljne količine sumpora u biljci vinove loze, dolazi do smanjenje sinteze amino kiseline metionina, koja ima važnu ulogu u početku fermentacije mošta. Ukoliko je količina metionina niska, dolazi do redukcije sulfatnih spojeva u moštu, i sinteze nepoželjnog sumporovodika (H_2S).

Izbor gnojiva sa sumporom

Na tržištu postoji veliki broj gnojiva koji sadrže sumpor u različitim oblicima. Prema obliku sumpora, gnojiva se mogu podijeliti:

Gnojiva koja sadrže sumpor u obliku sulfata

Gnojiva koja sadrže sumpor u obliku elementarnog sumpora

Gnojiva koja sadrže kombinaciju sulfata i elementarnog sumpora

Tekuća gnojiva sa sumporom

Organska gnojiva (indirektni izvor sumpora)

Gnojiva koja sadrže sumpor u obliku sulfata

Ovo je glavna grupa gnojiva koja sadrže sumpor. Sumpor se nalazi u obliku sulfatnog iona (SO_4^{2-}) te ga vinova loza može brzo usvojiti nakon primjene u tlo ili u folijarnoj gnojidbi. Za gnojidbu vinove loze najviše se koristi kalij sulfat, kalij-magnezij sulfat (tzv. Patent kalij) te magnezij sulfat. Kalij-sulfat se koristi u jesensko-zimskoj gnojidbi, kao čista sol ili kao komponenta NPK/PK gnojiva različitih formulacija. Radi se o fiziološki kiselom gnojivu, koji u većoj dozi zakiseljava tlo, te treba voditi računa kod dugogodišnje primjene kalij sulfata na vinogradarskim tlima. Magnezij sulfat je također važno gnojivo u gnojidbi vinove loze, jer osim sumpora, opskrbljuje vinovu lozu i sa magnezijem, pa ima važno mjesto u gnojidbi vinove loze. Najčešće se primjenjuje u folijarnoj gnojidbi vinove loze tijekom vegetacije, zbog dobre topivosti u vodi.



Slika 1. Gnojivo EPSO TOP na bazi magnezij-sulfata za gnojidbu vinove loze sa 16% MgO i 32,5% SO_3 (proizvođač, K+S Aktiengesellschaft, Njemačka)

Picture 1. EPSO TOP fertilizer based on magnesium-sulfate for grapevine fertilization (producer K+S Aktiengesellschaft, Germany)

Osim toga, u ovoj grupi gnojiva nalaze se i amonij-sulfat i jednostruki superfosfat. Amonij-sulfat je fiziološki kiselo gnojivo, koji sadrži 21 % dušika (N) i 24 % sumpora (S). Koristi se u proljetnoj gnojidbi vinograda na karbonatnim (vapnenim) tlima. Jednostruki superfosfat sadrži 12 - 22 % P_2O_5 i 10 - 14 % sumpora (S). U vinogradarstvu se koristi kao gnojivo kod meliorativne gnojidbe te u jesenskoj gnojidbi proizvodnih nasada vinove loze.

Isto tako, u ovoj grupi se nalazi i kalcij-sulfat (gips ili sadra) koji se koristi kao izvor sumpora. Kalcij-sulfat sadrži 13 % sumpora (S). Može se koristiti direktno, ali samo u zaslanjenim tlima, odnosno melioraciji zaslanjenih tala, ili se koristi kao dodatni izvor kalcija i sumpora u organsko-mineralnim gnojivima.

Važan izvor sumpora (S) u gnojidbi vinove loze, mogu biti i mikroelementi u sulfatnom obliku, koji se koriste u folijarnoj gnojidbi ali i u gnojidbi u tlo. To su željezni-sulfat, bakreni-sulfat, cink-sulfat te mangan-sulfat. Količina sumpora u ovim gnojivima kreće se u rangu od 13 – 21 % S.



Slika 2. Gnojivo COCKTAIL JADE, mješavina mikroelemenata u helatnom obliku (Fe, Mn, Zn, B) i magnezij-sulfata za folijarnu gnojidbu vinove loze (proizvođač Tradecorp, Španjolska)

Picture 2. COCKTAIL JADE, mixed fertilizers of chelated microelements (Fe, Mn, Zn, B) and magnesium-sulfate for foliar fertilization of grapevine (producer Tradecorp, Spain)

Gnojiva koja sadrže sumpor u elementarnom obliku

Elementarni sumpor se također može koristiti kao gnojivo i izvor sumpora. Može se koristiti kao čisti elementarni sumpor (u obliku praha ili granula) ili se dodaje u proizvodnji organsko-mineralnih gnojiva. Ali, kako je prije spomenuto, radi se o netopivom obliku sumpora, kojeg vinova loza ne može usvojiti u tlu, već elementarni sumpor mora proći proces oksidacije pomoću bakterija u tlu. Tek nakon oksidacije u sulfatni oblik, postaje pristupačan biljci i korijen ga može usvojiti.

Zanimljiva grupa gnojiva sa elementarnim sumporom su tzv. pečena (eng. Coated) gnojiva. Za primjenu u gnojidbi vinove loze u konvencionalnom uzgoju primjenjuje se tzv. pečena UREA sa sumporom (SCU). Ovo gnojivo sadrži 36 – 38 % dušika (N) koji se postepeno oslobađa kroz duži vremenski period nakon primjene u tlo te sadrži i 14 – 20 % sumpora (S).

Gnojiva koja sadrže kombinaciju sumpora u sulfatnom obliku i elementarni sumpor

Radi se uglavnom o organsko-mineralnim gnojivima, gdje se za povećanje količine ostalih hraniva u gnojivu, poput kalija, magnezija, kalcija i slično, vrši dodavanje sulfatnih soli ili elementarnog sumpora. Kako takva gnojiva sadrže organsku matricu (humificirani stajski gnoj ili neku drugu organsku masu) potiču mikrobiološku aktivnost u tlu i time proces oksidacije elementarnog sumpora u sulfatni oblik, koji je biljci pristupačan.

Tekuća gnojiva sa sumporom

Od tekućih gnojiva sa sumporom na tržištu se uglavnom nalaze gnojiva na bazi tiosulfata (amonij-tiosulfat, kalij-tiosulfat i kalcij-tiosulfat) te tekuća gnojiva na bazi amonij-sulfata ili uree sa dodatkom sumporne kiseline.

Organska gnojiva

Organska gnojiva su indirektni izvor sumpora u tlu. Nakon mineralizacije organske tvari, u tlu se oslobađa veća količina sumpora koji biljka može usvojiti iz tla. Stoga, u modernom vinogradarstvu, primjena organskih gnojiva ponovo dobiva sve više na značenju, jer sumpor pozitivno utječe na vinovu lozu.

Novo formulacije gnojiva na bazi sumpora

Nedavno su se na tržištu pojavile nove formulacije gnojiva na bazi sumpora. Za primjenu u gnojidbi vinove loze, zanimljivi su preparati na bazi sumpora u kompleksu sa polikarboksilnom kiselinom. Ova gnojiva imaju sistemični učinak, brzo ulaze u list te nema gubitaka ispiranjem kod pojave kiše. Potiču sintezu jasmonične (JA) i salicilne (SA) kiseline u biljci, koje su važne u povećanju otpornosti na pepelnicu (González-Hernández i sur., 2016). Jedno od takvih gnojiva je Naturdai S-System (proizvođač Idai Nature, Španjolska), koji se već nekoliko godina nalazi na tržištu Hrvatske i uspješno primjenjuje u gnojidbi vinove loze sumporom.



Slika 3. Gnojivo Naturdai S-System na bazi sumpora u kompleksu sa polikarboksilnom kiselinom, za folijarnu gnojidbu vinove loze (proizvođač Idai Nature, Španjolska)

Picture 3. NATURDAI S-SYSTEM liquid sulfur fertilizer with organic complex of polycarboxylic acid for foliar fertilization of grapevines (producer Idai Nature, Spain)

Zaključak

Osim osnovne uloge sumpora kao fungicida u uzgoju vinove loze, sumpor ima važnu fiziološku ulogu. Utječe pozitivno na usvajanje i metabolizam dušika, ali isto tako ima važnu ulogu u sintezi brojnih aminokiselina. Pozitivno utječe na aromatski profil, pogotovo bijelih sorata grožđa. Kako je usvajanje sumpora iz tla, vezano uz dinamiku vode, tijekom vegetacije potrebno je primijeniti sumpor kroz folijarnu gnojidbu i time osigurati dovoljne količine sumpora za potrebe vinove loze. Na tržištu postoje brojna gnojiva koja sadrže sumpor, a za primjenu u vinogradarstvu posebno važnu ulogu imaju kalij-sulfat i magnezij-sulfat.

Literatura

- Bruwer F., Du Toit W., Buica A. (2019) Nitrogen and sulphur foliar fertilisation, South African Journal of Enology and Viticulture, Vol. 40 (2), 237-252
- Byeong-Deok H., Kyo-seok L., Dong-Sung L., Ja-Hyun R., Hui-Su B., IL-Hwan S., Seung-Geun S., Doug-Young Ch. (2016) Competitive Adsorption and Subsequent Desorption of Sulfate in the Presence of Various Anions in Soils, Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, 49: 541-54
- Dufourcq T. (2006) Incidences du climat, du sol, de la date de récolte sur le potentiel aromatique du cépage Colombard en Gascogne. In : Proceed. of the Vth International Terroir Congress, Bordeaux-Montpellier, 3-7 July 2006, 391-395
- González-Hernández A.I., C. Agustí-Brisach, E. Llorens, P. Troncho, B. Vicedo, M. Mateu, T. Yuste, M. Orero, C. Ledó, P. García-Agustín i L. Lapeña (2016). Bioassimilable sulfur (NATURDAI S-SYSTEM) provides effective control of Powdery mildew in tomato enhancing plant immune system, *Proceedings of the 17th International Conference on Organic Fruit Growing*, Short Communications, 252-253
- Hannman, K.D., Neilsen, G.H., Neilsen, D., Rabie, W.S., Midwood, A.J. i Millard, P., (2014) Late-season foliar urea applications can increase berry yeast-assimilable nitrogen in winegrapes (*Vitis vinifera* L.). *Am. J. Enol. Vitic.* 65(1), 89-95
- Hendrix J.E. (1967) The effect of pH on the uptake and accumulation of phosphate and sulfate ions by bean plants, *Amer. J. Bot.* 54:560-564
- Kay T. i Hill R. (1998) Guide to Soil and Plant Analysis, Soil and Plant Division, Hill Laboratories, Auckland 1052, New Zealand
- Kelly M., W. Gill Giese, Ciro Velasco-Cruz, Laura Lawson, Sihui Ma, Melissa Wright and Bruce Zoecklein (2017) Effect of foliar nitrogen and sulfur on petit manseng (*Vitis vinifera* L.) grape composition, *Journal of Wine Research*, 28:3, 165-180
- Lacroux, F., Tregoat, O., Van Leeuwen, C., Pons, A., Tominaga, T., LavigneCruège, V. & Dubourdiou, D., (2008) Effect of foliar nitrogen and sulphur application on aromatic expression. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 3(42), 1-8
- Lasa, B., Menendez, S., Sagastizabal, K., Cervantes, M.E.C., Irigoyen, I., Muro, J., Aparicio-Tejo, P.M. & Ariz, I., (2012) Foliar application of urea to "Sauvignon blanc" and "Merlot" vines: Doses and time of application. *PlantGrowth Regul.* 67(1), 73-81
- McNeill A.M., J. Eriksen, L. Bergström, K.A. Smith, H. Marstorp, H. Kirchmann i I. Nilsson (2008) Nitrogen and sulphur management: challenges for organic sources in temperate agricultural systems, *Soil Use and Management*, 21:82-93
- Mengel, K. i Kirkby, E.A. (1987) Principles of Plant Nutrition. 4th Edition, International Potash Institute, Bern
- Scherer H. (2009), Sulfur in soils, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172:326-335
- Simon-Sylvestre G. (1969) First results of a survey on the total sulphur content of arable soils in France, *Annales agron.*, 20:609-625
- Pigna M. i Violante A. (2003) Adsorption of Sulfate and Phosphate on Andisols, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34:15-16
- Whitehead D. (1964) Soil and plant nutrition aspects of the sulphur cycle. *Soils Fert.* 29:1-9
- Wilson L., Bressan R. i Filner P. (1978) Light-dependent emission of hydrogen sulfide from plants. *Plant Physiology*, 61:184-189

Prispjelo/Received: 22.09.2022.

Prihvaćeno/Accepted: 29.09.2022.

Professional paper

The importance and role of sulfur in grapevine fertilization

Summary

Sulfur is an important element in the cultivation of grapevines. The first role is certainly as a fungicide against powdery mildew, however, sulfur has an important physiological role in numerous processes in the grapevine. Sulfur is important in nitrogen uptake and metabolism. Likewise, sulfur plays an important role in the synthesis of amino acids, of which the synthesis of methionine is particularly important. The source of sulfur for grapevines are numerous fertilizers that contain sulfur in sulfate form, such as potassium sulfate or magnesium sulfate, while the other part of sulfur comes from the mineralization of organic matter in the soil. Due to the proven positive effect of sulfur on the aromatic profile of numerous varieties of grapevines, it is necessary to take more care of sulfur application in grapevine fertilization.