

Utjecaj inokulacije mikoriznih gljiva na opskrbljenost biljnim hranivima kultivara graševine (*Vitis vinifera* L.)

The influence of mycorrhizal fungi inoculation on the Graševina (*Vitis vinifera* L.) grapevine cultivar's plant nutrient supply

Mesić, J., Karoglan, M., Slunjski, S., Svitlica, B., Budimir, A., Miličević, B., Kujundžić, T.

Poljoprivreda/Agriculture

ISSN: 1848-8080 (Online)

ISSN: 1330-7142 (Print)

<https://doi.org/10.18047/poljo.26.2.5>



Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Poljoprivredni institut Osijek

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Agricultural Institute Osijek

UTJECAJ INOKULACIJE MIKORIZNIH GLJIVA NA OPSKRBLJENOST BILJNIM HRANIVIMA KULTIVARA GRAŠEVINE (*Vitis vinifera* L.)

Mesić, J.⁽¹⁾, Karoglan, M.⁽²⁾, Slunjski, S.⁽²⁾, Svitlica, B.⁽¹⁾, Budimir, A.⁽³⁾, Miličević, B.⁽¹⁾, Kujundžić, T.⁽⁴⁾

Izvorni znanstveni članak
Original scientific paper

SAŽETAK

Cilj istraživanja bio je utvrditi učinak živoga mikoriznog cjepiva na dinamiku opskrbljenosti biljnim hranivima vinove loze. Pokus je proveden na kultivaru Graševina (*Vitis vinifera* L.), cijepljenome na podlozi SO4 u uvjetima Vinogorja Kutjevo. Uzgojni oblik je Guyot, s opterećenjem od 10 pupova. U neposrednu blizinu korijenova sustava inokulirano je 20 ml mikorizne suspenzije koja sadrži oko 2000 propagacijskih jedinica živoga mikoriznog micelija. Istraživanje je provedeno u dvama klimatski vrlo različitim godinama. Prvu godinu istraživanja (2014.) karakterizirale su obilne oborine i manje sunčanih dana, što je rezultiralo kasnijom tehnološkom zrelošću grožđa od 34 dana u odnosu na 2015. godinu, koja je u periodu dozrijevanja grožđa bila iznadprosječno topla i suha. U obje godine istraživanja, u uvjetima slabe opskrbljenosti tla organskom tvari, fosforom i kalijem, mikorizna simbioza utjecala je na veći sadržaj fosfora i kalija u suhoj tvari list kultivara Graševine. U godini s više oborina i manje topline utvrđen je veći sadržaj dušika u listovima trsova s mikoriznom simbiozom. U suhim i toplim uvjetima tijekom cijelog perioda dozrijevanja grožđa povećan je sadržaj kalcija, a opravdano veći sadržaj cinka, mangana i željeza utvrđen je u periodu neposredno prije tehnološke zrelosti grožđa. Nije utvrđen pozitivan utjecaj mikorize na urod, sadržaj šećera i ukupnu kiselost.

Ključne riječi: vinova loza, Graševina, mikoriza, biljna hraniva, Vinogorje Kutjevo

UVOD

Mikoriza vinove loze simbiotska je zajednica korijena vinove loze i mikoriznih gljiva. Vinova loza jedna je od više od 80% biljnih vrsta koje razvijaju mikoriznu simbiozu (Jackson, 2020.). U većini vinogradarskih tala mikorizne se simbioze javljaju spontano, a ovise o tipu tla, matičnome supstratu, sadržaju organske tvari, sadržaju hraniva i vlage u tlu, zakorovljenosti, prisutnosti i starosti biljaka koje imaju pogodnu rizosferu te o mogućoj kontaminaciji fungicidima (Ishida i sur., 2007.). Podjela pojedinih mikoriznih simbioza bazira se na gljivama koje u njoj sudjeluju. Za kultivirano bilje najznačajnija je endomikoriza, koja uključuje arbuskularnu mikorizu (AM) i ektomikorizu (ECM) (Smith i Read, 2009.). Hife mikoriznih gljiva manjega su promjera u odnosu na korijenove dlačice, prožimaju veći volumen tla te biljci omogućuju

lakši pristup hranivima i vodi. Od strane trsa, gljive se koriste ugljikohidratima i razmjenjuju ih za anorganska hraniva, posebice za fosfor i amonijak, ali isto tako i za nikal, sumpor, magnezij, bor, željezo, cink, bakar, kalcij i kalij (Jackson, 2020.). Mobilizacija i usvajanje minerala dodatno je potpomognuto oslobađanjem hidroksiamata, oksalata, citrata i malata od strane hifa. Učinkovitost mikoriznih hifa u usvajanju minerala posebno je značajna za slabo topljiva anorganska hraniva, kao što su fosfor,

(1) Mr. sc. Josip Mesić, dr. sc. Brankica Svitlica, prof. dr. sc. Borislav Miličević – Veleučilište u Požegi, Vukovarska 17, 34000 Požega, (2) Prof. dr. sc. Marko Karoglan, dr. sc. Sanja Slunjski – Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, (3) Doc. dr. sc. Ankica Budimir – British American Tobacco, Zagrebačka 52, 34340 Kutjevo, (4) Toni Kujundžić, mag. ing. agr. (toni.kujundzic@fazos.hr) – Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska

cink i bakar. Fosforu, koji je jedno od najslabije mobilnih makrohraniva, difuzija u suhome tlu može pasti na 1 do 10% u odnosu na vlažno tlo (Jackson, 2020., Smith i sur., 2011.). Bolja pristupačnost fosfora postiže se otpuštanjem organskih kiselina i enzima fosfataza te se povećava unos fosfora iz slabo topljivih izvora, poput željeznoga i aluminijeva fosfata (Bolan, 1991). Međutim, u tlu izrazito siromašnom fosforom mikorizna simbioza može imati negativan utjecaj u vidu smanjenja ukupne suhe tvari, smanjenu količinu ugljikohidrata topljivih u vodi te smanjen prinos (Ryan i sur., 2005.). Pozitivan učinak ektomikorizne simbioze na ishranu fosforom ogleđa se kroz odnos raspoloživih koncentracija fosfora u tlu i fosfora u izdancima biljke te prikazuje učinak kemijskoga djelovanja s jedne strane i učinak potrage za hranivom u tlu sa druge strane (Burgess i sur., 1993.; Casarin i sur., 2004.). U slučaju kalija, koji je relativno lako dostupan biljkama, čovjekov negativan utjecaj na tlo u vidu erozije i zakiseljavanja doveo je u pitanje njegovu dostupnost biljkama (Lockwood i sur., 2003.). U takvim okolinskim uvjetima mikorizna simbioza može imati pozitivan utjecaj na dostupnost kalija (K), a oksalati koje luče mikorizne gljive vremenom tope kalcijeve, magnezijeve i silikatne minerale, pri čemu oslobađaju kalij te ga čine dostupnim biljkama (Rosling i sur., 2004.; Yuan i sur., 2004.; Schmalenberger i sur., 2015.). Kod ektomikorizne simbioze smanjen je i negativan utjecaj prisutnosti amonijskog oblika dušika na unos kalcija (Ca) i magnezija (Mg). Vjerojatno, zakiseljavanje cijeloga područja rizosfere kod biljaka bez ektomikorize dovodi do smanjenoga unosa Ca i Mg, dok je u slučaju ektomikorizne simbioze zakiseljavanje lokalizirano na području razvoja hifa i manje je ekstremno. Iz navedenoga proizlazi da micelij ima učinak pufera te ublažava negativan utjecaj amonijskoga iona na unos kationa (Smith i Read, 2009.). Mikorizne gljive se mogu koristiti organskim i anorganskim dušikom bilo u amonijskome bilo u nitratnom obliku ili u obliku jednostavnih organskih spojeva, pri čemu preferiraju anorganski oblik dušika, a maksimalni stupanj razvoja micelija i biomase gljive ovisi o vrsti gljive i o izvoru anorganskoga oblika dušika (France i Reid, 1984.; Dickie i sur., 1998.).

Različite podloge za vinovu lozu, s različitim sortama inokulacijom selekcioniranih mikoriznih gljiva, pokazuju veći vegetativni porast i bolje usvajanje mineralnih hraniva osobito u uvjetima steriliziranoga tla i pri nedostatku fosfora (Karagiannidis i sur., 1995.; Linderman i Davis, 2001.). Arbuskularna mikoriza vinove loze povećava toleranciju na abiotički stres poput vodenoga stresa i saliniteta tla, sprječava klorozu željeza i toksičnost teških metala, štiti trsove od biotskoga stresa, poput bolesti korijenova sustava, povećava stabilnost tla i smanjuje potrebu za mineralnim gnojivima, posebno fosforom (Trouvelot i sur., 2015.). Mikorizna gljiva *Glomus intraradices* utjecala je na rast korijena i koncentraciju fosfora i cinka u lišću (Ozdemir i sur., 2010.). Pozitivan utjecaj mikorize na povećanje prinosa različitih sorata vinove loze u uvjetima Vinogorja Zagreb utvrđeno je u više istraživanja (Karoglan i sur., 2015.; Osrečak i sur., 2020.).

Cilj rada bio je utvrditi utjecaj inokulacije živoga mikoriznog micelija na opskrbljenost vinove loze biljnim hranivima, visinu uroda i kakvoću grožđa u slučaju kulture Graševine (*Vitis vinifera* L.). Graševina je gospodarski najznačajniji hrvatski kultivar vinove loze, a područje Dunavskoga slijeva vjerojatno joj je mjesto podrijetla (Robinson i sur. 2012). Prema podatcima Agencije za poljoprivredu, hranu i selo Žavoda za vinogradarstvo, vinarstvo i uljarstvo u Požeško-slavonskoj županiji u 2018. godini udio vina Graševina čini 95,04% ukupne količine vina s oznakom sorte.

MATERIJAL I METODE

Pokusni nasad na kojem je provedeno istraživanje nastavni je objekt Veleučilišta u Požegi, a nalazi se u vinogradarskoj regiji Slavonija i hrvatsko Podunavlje, podregiji Slavonija u Vinogorju Kutjevo u općini Kaptol, na položaju Vražjak. Vinograd je južne ekspozicije, blagoga pada terena od sjevera prema jugu na platou prosječne nadmorske visine od 270 m. Prema fizikalnim je karakteristikama tlo pokusnoga nasada skeletno i skeletoidno, s ilovačom, glinom i praškastom ilovačom, ovisno o dubini profila. Tlo je dobro drenirano. Cijeli profil je nejednako skeletoidan, a u dubljim profilima nalaze se čestice šljunka i kamena koje su ostatci fizikalnoga raspadanja metamorfnoga kamena i škrljiljevca diluvijalnoga podrijetla (Gagro, 1986.). U pokusnome nasadu na osnovi bazične analize tla, a prema graničnim vrijednostima opskrbljenosti tala pristupačnim fosforom (P_2O_5) za vinogradarska tla, pokusni nasad pripada u kategoriju vrlo siromašnih tala, s vrijednostima koje su niže od 10 mg/100 g tla. Izmjerene vrijednosti pristupačnoga kalija (K_2O) u tlu ukazuju da svi prikupljeni uzorci pripadaju u kategoriju vrlo siromašnih vinogradarskih tala s obzirom na to da je donja granična vrijednost za srednje teška tla 15 mg/100g tla. Gornji sloj tla pokusnoga nasada u gornjem dijelu profila do 30 cm dubine sadrži od 1 do 3% humusa i pripada u skupinu slabo humoznih tala. Sadržaj humusa na dubini od 30 do 60 cm iznosi manje od 1% i pripada u kategoriju vrlo slabo humoznih tala.

Reakcija tla (pH vrijednost) po Thunu je slabo kisela (pH vrijednost od 5,5 do 6,5) do neutralna (pH vrijednost od 6,5 do 7,2).

Razmak između redova iznosi 2,10 cm, dok je razmak između trsova 80 cm. U jednom međustupnom razmaku nalazi se devet trsova. Uzgojni je oblik Guyot, s jednim reznikom s dva pupa i jednim lucnjem s osam pupova. Visina stabla je 80 cm. Pokus je proveden na austrijskome klonu Graševine oznake A 3-3, cijepljenome na podlogu S04. Svaki drugi red je zatravljen, a tlo se obrađuje naizmjenično svake druge godine. Osnovna gnojidba je stajskim gnojem koji se izmjenično aplicira u svaki drugi red nasada, a po potrebi se obavi folijarna prihrana. U nasadu se provodi integrirana zaštita od bolesti i štetnika, a korov se uništava mehanički, rednom rotodrljačem.

Pokus je postavljen prema slučajnome blokom rasporedu u četiri repeticije, a sastoji se od dva tretma-

na: kontrola, bez inokulacije trsova mikorizom (NOM) i inokulacija trsova mješavinom mikoriznih gljiva (M). Svaka repeticija sastoji se od 18 trsova u nizu, te je svaki tretman zastupljen sa 72 trsa. Pokus se sastoji od osam eksperimentalnih blokova. Inokulacija mikoriznim gljivama provedena je u proljeće, prije početka cvatnje vinove loze 2013. godine. U neposrednu blizinu korijenova sustava inokulirano je 20 ml mikorizne suspenzije *Mykoflor* koja sadrži oko 2000 propagacijskih jedinica živoga mikoriznog micelija. Kontrolni, netretirani trsovi Graševine udaljeni su oko 50 metara od mikoriziranih trsova kako bi bila izbjegnuta potencijalna kontaminacija mikorizom.

U Tablici 1 prikazane su vrijednosti osnovnih klimatskih čimbenika (srednja mjesečna temperatura zraka na 2 m visine (°C) i mjesečne količine oborina

(mm/m²) koje utječu na dostupnost biljnih hraniva i vode nužne vinovoj lozi za normalan rast i razvoj. U više istraživanja navodi se pozitivan utjecaj mikorizne simbioze na biljke u sušnim uvjetima. Prema Miroševiću i sur. (2009.), prosječna godišnja temperatura zraka za vinogradarsku podregiju Slavoniju iznosi 11,4°C, dok Maletić i sur. (2008.) navode prosječnu godišnju temperaturu za Slavoniju od 10,5°C, a navedene razlike proizlaze iz nekontinuiranoga praćenja klimatskih prilika na području Slavonije i Vinogorja Kutjevo kroz duži niz godina. U 2014. (12,6°C) i 2015. (12,9°C) godini srednja godišnja temperatura zraka veća je od svih navoda u literaturi. U fazi dozrijevanja grožđa i uzorkovanja lišća u kolovozu je prosječna temperatura u 2015. godini bila viša za čak 6,9°C u odnosu na 2014. godinu.

Tablica 1. Srednja mjesečna i godišnja temperatura zraka (°C); mjesečna i godišnja količina oborina (mm/m²); 2014. i 2015. godina, meteorološka postaja Kutjevo - Vidim

Table 1. Average monthly and annual air temperature (°C); monthly and annual rainfall (mm/m²); 2014 and 2015, meteorological station Kutjevo – Vidim

Mjesec – Month	Temperatura zraka / Air temperature (°C)		Oborine / Rainfall (mm/m ²)	
	2014.	2015.	2014.	2015.
Siječanj / January	4,8	3,6	27,6	63,8
Veljača / February	5,6	2,6	47,8	36,3
Ožujak / March	10,2	7,4	49,9	62,1
Travanj / April	12,7	11,2	94,0	20,7
Svibanj / May	14,9	17,0	257,3	184,1
Lipanj / June	19,8	20,4	112,6	30,2
Srpanj / July	21,1	24,5	110,3	40,2
Kolovoz / August	19,6	26,5	84,4	3,3
Rujan / September	16,4	18,2	85,1	42,0
Listopad / October	13,2	10,3	136,1	154,9
Studeni / November	8,8	8,8	33,1	52,8
Prosinac / December	4,0	4,0	63,0	6,1
God. prosjek / Suma Annual average / Summ	12,6	12,9	1101,2	696,5

Prema Miroševiću i Karoglan Kontić (2008.), minimalna godišnja količina oborina potrebna vinovoj lozi iznosi od 300 do 350 mm/m², a optimalna količina je u rasponu od 600 do 800 mm/m². Osim ukupne količine veliki utjecaj ima i raspored oborina. U 2014. godini palo je ukupno 1101,2 mm oborina, a od toga 743,7 mm u vegetaciji, što je znatno više u usporedbi s višegodišnjim prosječnim vrijednostima. Suprotno 2014. godini, u 2015. godini zabilježene su neznatno manje vrijednosti od višegodišnjih prosjeka za podneblje Slavonije, Požeške kotline i Kutjeva. Godišnja količina oborina iznosila je 696,5 mm, a tijekom vegetacije, u razdoblju od travnja do rujna, palo je 320,5 mm oborina.

Osnovni klimatski parametri sugeriraju da bi utjecaj mikoriznoga cjepiva očekivano imao veći utjecaj u 2015. godini, s obzirom na to da bilježimo izrazito manju količinu oborina i topliji vegetacijski period u odnosu na 2014. godinu.

Uzorkovanje biljnoga materijala obavljeno je u četiri navrata od završetka cvatnje do nastupa tehnološke zrelosti grožđa na način da je iz svake repeticije izuzet prosječan uzorak koji se sastoji od 10 vizualno zdravih listova s peteljkom, smještenih između 2. i 4. nodija mladice, nasuprot grozda.

Suhi listovi su osušeni na 105°C, samljeveni i homogenizirani, što čini pripravljene uzorke biljnoga materijala

za daljnju analizu u Analitičkome laboratoriju Zavoda za ishranu bilja Agronomskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Analize lišća obavljene su prema sljedećim metodama: ukupni dušik određen je metodom prema Kjeldahlu, ukupni fosfor spektrofotometrijom, ukupni kalij plamenofotometrijom, a ukupni kalcij, magnezij, ukupni mikroelementi te teški metali atomskom apsorpcijskom spektrometrijom. Podatci o urodu prikupljeni su u trenutku berbe. Sadržaj šećera određen je refraktometrom, a ukupna kiselost izražena kao vinska kiselina određena je neutralizacijom mošta i vina s 0,1 M NaOH, uz indikator bromtimol plavi. Podatci su statistički obrađeni analizom varijance (ANOVA), a razlike između razina signifikantnih faktora Fisherovim LSD testom, pomoću programa *SAS System for Windows 9.3 (2012)* (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

REZULTATI I RASPRAVA

Utjecaj inokulacije mikoriznoga cjepiva na dinamiku kretanja suhe tvari lista, dušika, fosfora, kalija, kalcija, magnezija, cinka, mangana, bakra i željeza za 2014. godinu prikazan je u Tablici 2, a za 2015. godinu u Tablici

3. Klimatski parametri u obje godine istraživanja, iako različiti, kretali su se u granicama optimalnih vrijednosti. Tijekom 2014. godine udio suhe tvari lista varira od uzorkovanja do uzorkovanja. U prvome uzorkovanju je statistički opravdano veći kod kontrolnoga tretmana (M), a uzrok, prema Ryanu i sur. (2005.), može biti nedovoljna opskrbljenost fosforom u tlu pokusnoga vinograda. Sadržaj dušika, fosfora i kalija veći je kod tretmana inokuliranom mikoriznom gljivom u svim terminima uzorkovanja, a statistički opravdana razlika za sva tri makroelementa utvrđena je u posljednjem uzorkovanju 25. rujna. 2014. godine. Povoljan utjecaj mikorizne simbioze na usvajanje fosfora i kalija sukladan je mnogim istraživanjima (Karagiannidis i sur., 1995.; Linderman i Davis, 2001; Smith i sur., 2011.; Jackson, 2020.) Analizom ostalih biogenih elemenata (kalcija, magnezija, cinka, mangana i željeza) u suhoj tvari lista Graševine nije utvrđena statistički opravdana razlika, a prikazane razlike među tretmanima nisu znatnije izražene. U lišću uzorkovanom 26. kolovoza i 25. rujna 2014. vidljiv je vrlo visok udio bakra, što je posljedica vlažnih okolinskih uvjeta i primjene zaštitnih sredstava za suzbijanje bolesti vinove loze, prije svega sive plijesni (*Bortyris cinerea*).

Tablica 2. Suha tvar lista (%); dušik, fosfor, kalij, kalcij, magnezij (% na bazi suhe tvari); cink, mangan, bakar, željezo (mg/kg suhe tvari); Graševina, 2014. godine

Table 3. Leaf dry matter (%); nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium (% on a dry matter basis); zinc, manganese, copper, iron (mg/kg dry matter); Graševina, 2014

2014.	Tretman / Treatment	Datum uzorkovanja / Sampling date			
		15.07.	04.08.	26.08.	25.09.
Suha tvar lista Leaf dry matter	NOM	25,07 b	25,54	25,05	31,07
	M	23,84 a	26,21	24,02	31,06
Dušik (N)	NOM	1,78	1,68 a	1,85 a	1,48 a
	M	1,83	1,78 b	1,89 b	1,56 b
Fosfor (P)	NOM	0,20	0,22 a	0,28	0,26 a
	M	0,22	0,25 b	0,29	0,28 b
Kalij (K)	NOM	0,95 a	0,99	0,74	0,70 a
	M	1,10 b	1,04	0,78	0,79 b
Kalcij (Ca)	NOM	4,12	4,43	5,11 a	5,61
	M	4,15	4,50	5,53 b	5,66
Magnezij (Mg)	NOM	3,15	0,29	0,33	0,31
	M	3,15	0,28	0,32	0,30
Cink (Zn)	NOM	53,15	55,8	55,4	44,98
	M	57,25	55,9	54,18	45,6
Mangan (Mn)	NOM	265,4	251,4	292,3	272,2
	M	242,8	243,1	286,9	270,5
Bakar (Cu)	NOM	5,65	5,65	172,63 a	70,60 a
	M	5,8	5,63	57,08 b	30,18 b
Željezo (Fe)	NOM	248,2	248,1	280,1	241,3
	M	251,4	255,8	278,9	239,8

#a,b – različita slova označavaju statistički signifikantne razlike između prosjeka okolina odnosno kultivara kod $P < 0.05$ na osnovi Fisherova LSD testa; NOM – tretman bez mikorize, M – tretman s mikorizom

#a,b – different letters mark statistically significant difference at $P < 0.05$ based upon Fisher's LSD test; NOM – treatment without mycorrhiza, M – treatment with mycorrhiza

U 2015. godini, u posljednjem uzorkovanju lišća dva tjedna prije berbe grožđa (17. kolovoza, 2015.), utvrđen je utjecaj mikorizne simbioze na veći sadržaj fosfora, kalija, kalcija, cinka, mangana i željeza. Ozdemir i sur. (2010.) utvrdili su pozitivan utjecaj mikorizne gljive *Glomus intraradices* na koncentraciju fosfora i cinka u lišću, a navode o lakšoj pristupačnosti fosfora, kalija, kalcija, cinka, mangana i željeza potvrđuju Jackson

(2020.), Smith i sur. (2011.) i Aslanpour i sur. (2019.). Opravdano veći sadržaj fosfora utvrđen je u svim uzorkovanjima tijekom vegetacije, dok je sadržaj kalija u trima od četiriju termina veći kod trsova s inokuliranom mikoriznom gljivom. Iako je sadržaj magnezija kod tretmana s mikorizom (M) veći u svim uzorkovanjima, statistički opravdana razlika zabilježena je samo u uzorcima izuzetima 4. kolovoza 2015.

Tablica 3. Suha tvar lista (%); dušik, fosfor, kalij, kalcij, magnezij (% na bazi suhe tvari); cink, mangan, bakar, željezo (mg/kg suhe tvari); Graševina, 2015. godine

Table 3. Leaf dry matter (%); nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium (% on a dry matter basis); zinc, manganese, copper, iron (mg/kg dry matter); Graševina, 2015

2015.	Tretman / Treatment	Datum uzorkovanja / Sampling date			
		15.07.	04.08.	31.08.	17.08.
Suha tvar lista Leaf dry matter	NOM	50,02	34,23	42,12	34,76
	M	45,56	37,23	38,49	35,10
Dušik (N)	NOM	1,94	1,76	1,92	1,86
	M	1,98	1,82	1,96	1,84
Fosfor (P)	NOM	0,17 a	0,17 a	0,21	0,20 a
	M	0,20 b	0,22 b	0,23	0,25 b
Kalij (K)	NOM	1,05 a	0,89 a	0,81	0,83 a
	M	1,35 b	1,13 b	0,80	0,99 b
Kalcij (Ca)	NOM	2,11 a	2,33 a	2,88 a	3,02 a
	M	2,27 b	2,53 b	3,10 b	3,19 b
Magnezij (Mg)	NOM	0,16	0,18 a	0,26	0,24
	M	0,20	0,22 b	0,24	0,25
Cink (Zn)	NOM	53,35	52,7	46,0	38,55 a
	M	54,65	53,8	44,45	47,7 b
Mangan (Mn)	NOM	395,1	375,5	332,2	287,7 a
	M	421,0	373,2	258,7	354,5 b
Bakar (Cu)	NOM	5,4	5,23 a	5,18 a	4,93
	M	5,8	4,56 b	4,95 b	5,1
Željezo (Fe)	NOM	148,7	141,1	133,4	137,7 a
	M	156,1	140,3	141,2	164,9 b

#a,b – različita slova označavaju statistički signifikantne razlike između prosjeka okolina odnosno kultivara kod $P < 0.05$ na osnovi Fisherova LSD testa; NOM – tretman bez mikorize, M – tretman s mikorizom

#a,b – different letters mark statistically significant difference at $P < 0.05$ based upon Fisher's LSD test; NOM - treatment without mycorrhiza, M - treatment with mycorrhiza

Tablica 4. Urod po hektaru (kg/ha), sadržaj šećera (°Oe) i ukupna kiselost izražena kao vinska (g/l); Graševina, 2014. i 2015. godine

Table 4. Yield per hectare (kg/ha), sugar content (°Oe), and total acidity expressed as the tartaric acid (g/l); Graševina, 2014 and 2015

Godina Year	Urod / Yield (kg/ha)		Sadržaj šećera / Sugar content (°Oe)		Ukupna kiselost / Total acidity (g/l)	
	NOM	M	NOM	M	NOM	M
2014.	17.296	16.260	79	82	7,0	7,1
2015.	7.820	9.237	98	97	7,2	7,6

#a,b – različita slova označavaju statistički signifikantne razlike između prosjeka okolina odnosno kultivara kod $P < 0.05$ na osnovi Fisherova LSD testa; NOM – tretman bez mikorize, M – tretman s mikorizom

#a,b – different letters mark statistically significant difference at $P < 0.05$ based upon Fisher's LSD test; NOM - treatment without mycorrhiza, M - treatment with mycorrhiza

Sadržaj bakra u suhoj tvari lista varira ovisno o terminu uzorkovanja, a statističkom obradom podataka utvrđen je veći sadržaj bakra kod tretmana (NOM) u drugom i trećem uzorkovanju. U obje godine istraživanja mikoriza je imala pozitivan utjecaj na sadržaj fosfora i kalija u suhoj tvari lišća kod kultivara Graševine, što je u skladu s većim brojem istraživanja utjecaja mikoriznih simbioza na usvajanje ova dva biogena elementa. Iako je inokulacijom mikorizne gljive bilo očekivano povećanje uroda (Karoglan i sur., 2015; Osrečak i sur., 2020.), utvrđene razlike nisu statistički opravdane. Mikorizna simbioza nije utjecala na osnovne parametre kakvoće grožđa, a zabilježene vrijednosti među tretmanima neznatno se razlikuju.

ZAKLJUČAK

Inokulacija živoga mikoriznog cjeviva *Mykoflor* na korijenu kultivara Graševine (*Vitis vinifera* L.) cijepljene na loznoj podlozi *Vitis berlandieri* x *Vitis riparia* SO4 utjecala je na veći sadržaj fosfora i kalija u suhoj tvari lista tijekom obje godine istraživanja. Tijekom 2014. godine, u uvjetima s većom količinom oborina, utvrđen je veći sadržaj dušika u lišću trsova tretiranih mikoriznim cjevivom. Sadržaj kalcija u obje je godine veći kod tretmana s mikorizom, a u uvjetima s više oborina (2014. godina) sadržaj kalcija dvostruko je veći kod oba tretmana u odnosu na 2015. godinu. Sve statistički opravdane razlike ukazuju da je mikorizna simbioza utjecala na veći sadržaj hraniva u suhoj tvari lista, ali nije imala značajan utjecaj na prinos, nakupljanje sadržaja šećera i ukupnu kiselost mošta. Za opravdanu aplikaciju predmetnoga mikoriznog cjeviva istraživanja bi trebalo proširiti na više parametara kakvoće grožđa i mošta kroz duži period.

LITERATURA

- Aslanpour, M., Baneh, H. D., Tehranifar, A., & Shoor, M. (2019). Effect of mycorrhizal fungi on macronutrients and micronutrients in the white seedless grape roots under the drought conditions. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 10(3), 397-408.
- Bolan, N. S. (1991). A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil*, 134(2), 189-207.
- Burgess, T. I., Malajczuk, N., & Grove, T. S. (1993). The ability of 16 ectomycorrhizal fungi to increase growth and phosphorus uptake of *Eucalyptus globulus* Labill. and *E. diversicolor* F. Muell. *Plant and Soil*, 153(2), 155-164.
- Casarin, V., Plassard, C., Hinsinger, P., & Arvieu, J. C. (2004). Quantification of ectomycorrhizal fungal effects on the bioavailability and mobilization of soil P in the rhizosphere of *Pinus pinaster*. *New Phytologist*, 163(1), 177-185. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01093.x>
- Dickie, I., Koide, R. & Stevens, C. (1998). Tissue density and growth response of ectomycorrhizal fungi to nitrogen source and concentration. *Mycorrhiza*, 8(3), 145-148.
- France, R. C., & Reid, C. P. P. (1984). Pure culture growth of ectomycorrhizal fungi on inorganic nitrogen sources. *Microbial Ecology*, 10(3), 187-195.
- Ishida, T. A., Nara, K., & Hogetsu, T. (2007). Host effects on ectomycorrhizal fungal communities: insight from eight host species in mixed conifer-broadleaf forests. *New Phytologist*, 174(2), 430-440. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02016.x>
- Gagro, I. (1986). Investiociono – izvedbeni projekt, Vetovo: Kozjak i Gaj, PPK Kutjevo. TPZ Sveučilište u Zagrebu, OUR Institut za Agroekologiju, zavod za Pedologiju, Zagreb.
- Jackson, R. S. (2020). Wine science: Principles and applications. Academic Press. Elsevier.
- Karagiannidis, N., Nikolaou, N., & Mattheou, A. (1995). Wirkung dreier VA-Mykorrhizapilze auf Ertrag und Nährstoffaufnahme von drei Unterlagen und einer Tafeltraubensorte. *Vitis*, 34(2), 85-89. <https://doi.org/10.5073/vitis.1995.34.85-89>
- Karoglan, M., Osrečak, M., Andabaka, Ž., Stupić, D., Kozina, B., Krištof, E., & Pavlešić, T. (2015). Utjecaj mikorize na prinos i mehanički sastav grozda cv. Traminac (*Vitis vinifera* L.), 50 hrvatski i 10. međunarodni simpozij agronoma, Opatija, Pospisil, Milan (ur.). Zagreb: Motiv d.o.o., Zagreb, 2015. str. 530-533.
- Linderman, R. G., & Davis, E. A. (2001). Comparative response of selected grapevine rootstocks and cultivars to inoculation with different mycorrhizal fungi. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52(1), 8-11.
- Lockwood, P. V., Wilson, B. R., Daniel, H., & Jones, M. (2003). Soil acidification and natural resource management: directions for the future. *University of New England: Armidale*, NSW.
- Maletić, E., Karoglan Kontić, J., & Pejić, I. (2008). Vinova loza, ampelografija, ekologija, oplemenjivanje. Školska knjiga, Zagreb
- Mirošević, N., Alpeza, I., Bolić, J., Brkan, B., Hruškar, M., Husnjak, M., Jelaska, V., Karoglan Kontić, J., Maletić, E., Mihaljević, B., Ričković, M., Šestan, I. & Zoričić, M. (2009). Atlas hrvatskog vinogradarstva i vinarstva. Golden marketing - Tehnička knjiga, Zagreb
- Osrečak, M., Jeromel, A., Puhelek, I., Huzanić, N., Jagatić Korenika, A., Anić, M., & Karoglan, M. (2020). Mikoriza u vinogradarskoj proizvodnji. *Glasnik zaštite bilja*, 43(4), 26-30. <https://doi.org/10.31727/gzb.43.4.4>
- Ozdemir, G., Akpınar, C., Sabir, A., Bilir, H., Tangolar, S., & Ortas, I. (2010). Effect of Inoculation with mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of Grapevine genotypes (*Vitis* spp.). *European Journal of Horticultural Science*, 75(3), 103-110.
- Rosling, A., Lindahl, B. D., Taylor, A. F., & Finlay, R. D. (2004). Mycelial growth and substrate acidification of ectomycorrhizal fungi in response to different minerals. *FEMS Microbiology Ecology*, 47(1), 31-37. [https://doi.org/10.1016/S0168-6496\(03\)00222-8](https://doi.org/10.1016/S0168-6496(03)00222-8)
- Ryan, M. H., van Herwaarden, A. F., Angus, J. F., & Kirkegaard, J. A. (2005). Reduced growth of autumn-sown wheat in a low-P soil is associated with high colonisation by arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil*, 270(1), 275-286.

20. Smith, S.E. & Read, D. (2009). Mycorrhizal symbiosis. Third edition. Academic Press, UK.
21. Smith, S. E., Jakobsen, I., Gronlund, M., & Smith, F. A. (2011). Roles of arbuscular mycorrhizas in plant phosphorus nutrition: interactions between pathways of phosphorus uptake in arbuscular mycorrhizal roots have important implications for understanding and manipulating plant phosphorus acquisition. *Plant Physiology*, 156(3), 1050-1057. <https://doi.org/10.1104/pp.111.174581>
22. Schmalenberger, A., Duran, A. L., Bray, A. W., Bridge, J., Bonneville, S., Benning, L. G., ... & Banwart, S. A. (2015). Oxalate secretion by ectomycorrhizal *Paxillus involutus* is mineral-specific and controls calcium weathering from minerals. *Scientific Reports*, 5, 12187. <https://www.nature.com/articles/srep12187>
23. Trouvelot, S., Bonneau, L., Redecker, D., van Tuinen, D., Adrian, M., & Wipf, D. (2015). Arbuscular mycorrhiza symbiosis in viticulture: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1449-1467.
24. Yuan, L., Huang, H., Li, X., & Christie, P. (2004). Biological mobilization of potassium from clay minerals by ectomycorrhizal fungi and eucalypt seedling roots. *Plant and Soil*, 262(1-2), 351-361.

THE INFLUENCE OF MYCORRHIZAL FUNGI INOCULATION ON THE GRAŠEVINA (*Vitis vinifera* L.) GRAPEVINE CULTIVAR'S PLANT NUTRIENT SUPPLY

SUMMARY

The aim of the study was to determine the effect of a live mycorrhizal vaccine on the dynamics of grapevine's plant nutrient supply. The experiment was performed on the Graševina variety (*Vitis vinifera* L.), grafted on an SO4 rootstock in the conditions of the Kutjevo Vineyards. The training system was Guyot, with a 10-bud load. In the root system's immediate vicinity, 20 ml of mycorrhizal suspension containing approximately 2,000 propagation units of a live mycorrhizal mycelium were inoculated. From the viticultural aspect, the research was conducted in two climatically very different years. The first research year (2014) was characterized by an abundant precipitation and less sunny days, resulting in a later technological grape maturity, amounting to 34 days when compared to the year 2015, which was extraordinarily warm and arid during the grape ripening period. In both research years, in the conditions of the soil's low supply with the organic matter, phosphorus, and potassium, a mycorrhizal symbiosis influenced the higher content of phosphorus and potassium in the Graševina's dry leaf matter. In a year experiencing more precipitation and less heat, a higher nitrogen content was found in the vine leaves manifesting a mycorrhizal symbiosis. In the dry and warm conditions, the calcium content was increased during the entire period of grape ripening, and a justifiably higher content of zinc, manganese, and iron was found in the period immediately preceding a technological grape ripeness. A positive influence of mycorrhiza on the yield, sugar content, and total acidity was not determined.

Keywords: grapevine, Graševina, mycorrhiza, plant nutrients, Kutjevo Vineyards

(Primljeno 16. rujna 2020.; prihvaćeno 23. listopada 2020. - Received on September 16, 2020; accepted on October 23, 2020)