

Utjecaj mikorize na kemijski sastav vina 'Portugizac'

Sažetak

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi kako primjena živog mikoriznog cjepiva na korijen vinove loze utječe na kemijski sastav vina 'Portugizac'. Pokus je postavljen u jesen 2016. godine na 3 lokacije na području podregije Plešivica, kada je provedena i aplikacija cjepiva naziva „Mykoflor“ tvrtke Bio-budućnost d.o.o. Cjepivo je aplicirano na 100 trsova sorte 'Portugizac', pri čemu je isti broj netretiranih trsova poslužio kao kontrola. Analiza kemijskog sastava, kao i senzorno ocjenjivanje vina provedeni su nakon berbe 2018. godine. Rezultati su pokazali pozitivan utjecaj mikorize na kemijski sastav vina u vidu povećanja koncentracije ukupne kiselosti, pojedinačnih organskih kiselina, pepela te smanjenja pH vrijednosti vina. Aplikacija mikoriznog cjepiva pozitivno je utjecala i na polifenolni sastav te na senzornu ocjenu vina.

Ključne riječi: Portugizac, mikoriza, kemijski sastav vina, polifenoli

Uvod

Korijenje velikog broja fotoautotrofnih biljnih vrsta živi u simbiotskoj zajednici s mikoriznim gljivama. Naime, gljive koloniziraju korijen biljaka i razvijaju micelij koji pomaže biljci u usvajanju mineralnih hranjiva (najviše fosfata i nitrata), posebno u tlima koja su njima siromašna, te povećavaju sposobnost biljke da prevlada biotske i abiotske stresove (Azcón-Aguilar i Barea, 1996). Isto tako, kod mnogih mikoriziranih biljaka zabilježene su blaže štete uzrokovane patogenima nastanjenima u tlu, kao što su nematode ili uzročnici truljenja korijena, u odnosu na netretirane varijante (Pozo i Azcón-Aguilar, 2007). S druge strane, heterotrofne gljive iz procesa fotosinteze koja se vrši u biljci domaćinu dobivaju ugljikohidrate i druge organske spojeve (Azcón-Aguilar i Barea, 1996).

Simbioza između mikoriznih gljiva i korijena vinove loze događa se spontano i prisutna je u većini proučavanih komercijalnih vinograda (Cheng i Baumgartner, 2004). Čak štoviše, nekoliko istraživanja u kojima su mikorizne gljive uklonjene iz tla pokazala su da normalan rast i razvoj vinove loze uvelike ovisi o simbiotskoj zajednici s mikoriznim gljivama (Biricolti i sur., 1997; Linderman i Davis, 2001). Međutim, uobičajena praksa u komercijalnom gospodarstvu vinogradima najčešće ima negativan utjecaj na biološku aktivnost tla, uključujući i mikoriznu simbiozu, te smanjuje brojnost populacije autohtonih mikoriznih gljiva (Thompson, 1994).

Zbog toga je više autora pratilo utjecaj inokulacije korijena vinove loze mikoriznim gljivama, te potvrdilo njihov pozitivan učinak (Menge i sur., 1983; Cheng i Baumgartner, 2006; Camprubí i sur., 2008), ali je isto tako utvrđeno da različite mikorizne vrste imaju različiti utjecaj na razvoj vinove loze (Karagiannidis i sur., 1995, Camprubí i sur., 2008). Uz to, odgovor na mikorizu drugačiji je kod svake podloge i kultivara, kao i njihovih kombinacija (Aguín i sur., 2004).

U više je radova uslijed mikorize zabilježen intenzivniji vegetativni porast zbog pojačanog usvajanja P iz tla, a došlo je i do pojačanog usvajanja drugih hranjiva, naročito Fe, Cu i Zn kod različitih kultivara vinove loze (Karagiannidis i sur., 1995; Biricolti i sur., 1997). Osim toga, utvrđena je i veća tolerantnost vinove loze prema suši kada je u simbiozi s mikoriznim gljivama (Augé, 2001).

¹ dr. sc. Mirela Osrečak, prof. dr. sc. Ana Jeromel, dr. sc. Ivana Puhelek, doc. dr. sc. Ana-Marija Jagatić Korenika, Darija Karakaš, mag. ing. agr., Marina Anić, mag. ing. agr., izv. prof. dr. sc. Marko Karoglan, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetušimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
Autor za korespondenciju: amajdak@agr.hr

Dokazano je da inokulacija korijena vinove loze mikoriznim gljivama dovodi do povećanja koncentracije Fe, N, P, Mn i Cu i klorofila u lišću, kao i kapaciteta fotosinteze (Bavaresco i sur., 2003), te povećanu koncentraciju fenola u tkivu listova. Sve to dovodi do povećanja prinosa i poboljšanja kakvoće grožđa, ali i ranijeg dozrijevanja (Martín i sur., 2017).

Većina istraživanja o utjecaju mikorize na vinovu lozu provedena je u kontroliranim pedološkim i/ili klimatskim uvjetima, na način da su cijepovi inokulirani mikoriznim gljivama pa posađeni u posude. U dostupnim bazama podataka postoje radovi u kojima se utjecaj mikoriza prati u prirodnim uvjetima vinograda (Schreiner 2003; Camprubí i sur., 2008; Nogales i sur., 2009; Mesić i sur., 2020; Rosa i sur., 2020; Velásquez i sur., 2020), dok je onih koji se bave utjecajem mikorize na kemijski sastav grožđa i vina nešto manje (Karagiannidis i Nikolau 2000; Karagiannidis i sur., 2007; Gabriele i sur., 2016; Mesić i sur., 2016; Torres i sur., 2016; Torres i sur., 2018a).

Iz svega gore navedenog, cilj ovog istraživanja bio je utvrditi da li i na koji način mikoriza utječe na kemijski sastav grožđa i vina, te senzorna svojstva vina 'Portugizac', u uvjetima komercijalnih vinograda na području podregije Plešivica.

Materijali i metode

Pokus je postavljen 2016. godine na području podregije Plešivica na tri lokacije i to na OPG-u Gregorić, položaj Topolovac, OPG-u Majcenović, položaj Goli vrh te OPG-u Cibana, položaj Raj. Starost vinograda je između 12 i 15 godina, a podloga je Kober 5BB. Uzgojni oblik u sva tri pokusna vinograda je jednostruki Guyot, s prosječnim opterećenjem 14-16 pupova. Na svakoj lokaciji aplicirano je cjepivo „Mykoflor“ tvrtke Bio-budućnost d.o.o. na 100 trsova sorte 'Portugizac'. Cjepivo je mikorizna suspenzija različitih rodova gljiva izoliranih s korijena vinove loze iz prirodnih staništa Hrvatske. Taksonomska analiza mikoriznih gljiva otkrila je najveću relativnu zastupljenost arbuskularno mikorizne gljive *Dentiscutata savannicola*. Najzastupljeniji je red *Diversisporales*, s porodicama *Diversisporaceae*, *Gigasporaceae* i *Acaulosporaceae*. Aplikacija je obavljena pomoću ručnog zemljišnog injektora marke Marolex, direktno u zonu korijena. Kontrolni, netretirani trsovi Portugisca udaljeni su oko 50 metara od mikoriziranih trsova, kako bi se izbjegla potencijalna kontaminacija mikorizom.

Tla u svim pokusnim vinogradima su neutralne, slabo alkalne do alkalne reakcije. Iz analize uzoraka tla prije aplikacije cjepiva (2016.) te dvije godine kasnije, kod provedbe ovog istraživanja (2018.), vidljivo je da je mikoriza blago korigirala pH tla prema nižim vrijednostima. Opskrba tla humusom na sve tri lokacije u početnom uzorkovanju bila je slaba ili vrlo slaba, a analiza tla dvije godine nakon primjene mikorize pokazala je bolje rezultate u pogledu opskrbljenosti tla humusom. Također, sadržaj glavnih biogenih elemenata dušika, fosfora i kalija u tlu bio je prilično nizak u početnom uzorkovanju, ali se znatno povećao nakon aplikacije mikoriznih gljiva (tablica 1).

Tablica 1. Rezultati analize uzoraka tla prije i nakon aplikacije mikoriznog cjepiva
Table 1. Results of analysis of soil samples before and after application of mycorrhizal vaccine

Uzorak/Sample	pH		%		Al-mg/100g	
	H ₂ O	nKCl	humus	N	P ₂ O ₅	K ₂₀
Cibana 2016.	7,70	6,53	0,98	0,07	0,9	16,2
Cibana 2018.	7,13	5,67	0,99	0,08	3,3	18,4
Gregorić 2016.	8,41	7,52	1,97	0,13	3,4	17,0
Gregorić 2018.	7,98	7,40	3,52	0,24	12,8	31,0
Majcenović 2016.	7,96	7,06	1,61	0,11	5,0	22,0
Majcenović 2018.	7,80	7,08	2,69	0,17	8,9	27,5

Samo istraživanje provedeno je 2018. godine do kad se mikoriza imala prilike proširiti po korijenju tretiranih trsova. Berba je obavljena ručno, u trenutku tehnološke zrelosti grožđa, na način da se odvojeno pobralo grožđe s mikoriziranih i kontrolnih trsova. Po varijanti pokusa pobrano je 150 kg grožđa koje je vinificirano u tri ponavljanja. Vinifikacija je provedena uz dodatak pektolitičkog enzima Lalvin HC (Lallemand Inc.). Inokulacija je izvršena s komercijalnim sojem kvasca *S. cerevisiae* Uvaferm 299 (Lallemand Inc.) čija je rehidracija provedena uz dodatak hrane za kvasac pod nazivom Goferm Protect (Lallemand Inc.). Primijenjena je klasična maceracija masulja u trajanju od 7 dana pri temperaturi od 20 °C radi optimalnog izdvajanja polifenolnih spojeva. Tijekom cijelog postupka vinifikacije, kontrolirana je temperatura fermentacije koja je u fazi tihog vrenja bila 16 °C. Po završetku fermentacije, sva vina su pretočena te sulfirana dodatkom 5 %-tne otopine sumporaste kiseline.

Osnovna fizikalno-kemijska analiza mošta i vina

Uzorci moštava za analizu odvojeni su odmah nakon muljanja i runjenja grožđa. Udio šećera u moštu određen je pomoću refraktometra i izražen u °Oe, a sadržaj ukupne kiselosti (izražen u g/L) titrimetrijskom metodom prema O.I.V.-u (2001).

Fizikalno-kemijski parametri u vinu poput koncentracije alkohola, ukupnog suhog ekstrakta, ekstrakta bez šećera, ukupne i hlapive kiselosti, pH vrijednost te koncentracija pepela određeni su metodama prema O.I.V.-u (2001).

Određivanje pojedinačnih organskih kiselina i polifenolnog sastava vina

Tekućinskom kromatografijom visoke djelotvornosti (HPLC) određene su pojedinačne organske kiseline, te pojedinačni polifenolni spojevi po metodi Tomaz i Maslov (2016).

Senzorna analiza vina

Senzorna analiza vina provedena je 3 mjeseci nakon završetka fermentacije, a u ocjenjivanju je sudjelovalo 7 certificiranih degustatora. Ocjenjivanje je provedeno metode 100 pozitivnih bodova.

Statistička analiza podataka

Za sve uzorke provedena je statistička obrada podataka koja je uključila analizu varijance (ANOVA) pri čemu se srednje vrijednosti označene različitim slovima statistički razlikuju uz $p < 0.05$.

Rezultati i rasprava

Kao što je vidljivo u tablici 2. grožđe s mikoriziranih trsova na OPG-u Gregorić nakupilo je značajno više koncentracije šećera u odnosu na kontrolne trsove, dok na OPG-u Majcenović i OPG-u Ciban te razlike nisu zabilježene. Na OPG-u Majcenović općenito su niže koncentracije šećera u usporedbi s preostala dva OPG-a, vjerojatno zbog nepovoljnijeg svjetlosnog režima u vinogradu koji je smješten u neposrednoj blizini šume, kao i zbog nešto većeg prinosa po trsu.

Tablica 2. Prosječna koncentracija šećera, ukupne kiselosti i pojedinačnih organskih kiselina u trenutku berbe, Portugizac, 2018. god.

Table 2. Average sugar, total acidity and organic acids concentrations at harvest date, Portugieser, 2018.

Uzorak/ Sample	Šećer/ Sugar °Oe	Ukupna kiselost/ Total acidity (g/L)	Limunska kiselina/ Citric acid (g/L)	Vinska kiselina/ Tartaric acid(g/L)	Jabučna Kiselina/ Malic acid (g/L)
Gregorić-M	80 ^a	5,4 ^a	0,14 ^a	5,0 ^a	1,30 ^a
Gregorić-K	76 ^b	5,1 ^b	0,14 ^a	4,7 ^b	1,03 ^b
Majcenović-M	64 ^a	5,4 ^a	0,12 ^a	4,9 ^a	1,35 ^a
Majcenović-K	65 ^a	4,9 ^b	0,11 ^a	4,6 ^b	1,10 ^b
Ciban-M	82 ^a	4,7 ^a	0,14 ^a	4,6 ^a	1,21 ^a
Ciban-K	81 ^a	4,3 ^b	0,13 ^a	4,2 ^b	0,92 ^b

M – mikoriza; K – kontrola: Aritmetičke sredine označene različitim slovima su signifikantno različite uz $p=0,05$

Primjena mikoriznog cjepiva značajno je utjecala na povećanje ukupne kiselosti grožđa kod sva tri proizvođača. Uzimajući u obzir problem globalnog zatopljenja koji utječe na otežano nakupljanje optimalnih vrijednosti pojedinačnih kiselina u grožđu i vinu koje kasnije utječu na ukupnu kiselost, veće koncentracije ukupne kiselosti kod trsova inficiranih mikorizom ukazuju na pozitivan utjecaj mikoriznih zajednica. Dobiveni rezultati djelomično se slažu s onima Karagiannidisa i sur. (2007) koji također prijavljuju nekonzistentan utjecaj mikorize na koncentraciju šećera u grožđu. Međutim, isti autori, jednako kao i Nicolás i sur. (2015) navode smanjenje koncentracije ukupne kiselosti kod mikoriziranih trsova, što je u suprotnosti s rezultatima dobivenim u ovom istraživanju. U skladu s ukupnom kiselošću, kod sva tri proizvođača zabilježene su i značajno veće vrijednosti vinske i jabučne kiseline u grožđa s trsova inokuliranih mikorizom. Na koncentracije limunske kiseline primjena mikoriznog cjepiva nije imala značajan utjecaj.

U tablici 3. prikazani su rezultati kemijske analize vina nakon završene alkoholne fermentacije. Nastavno na vrijednosti izmjerene u moštu, i u mladom vinu je vidljiv trend više ukupne kiselosti, a posljedično i nižih pH vrijednosti pod utjecajem mikorize. Imajući u vidu utjecaj nižeg pH na intenzitet boje vina, kao i na proteinsku i mikrobiološku stabilnost te na potencijal starenja vina, možemo istaknuti pozitivan utjecaj mikorize na ukupnu kiselost i pH vrijednost pokusnih vina.

Vidljivo je da je mikoriza imala pozitivan učinak i na koncentraciju pepela, odnosno mineralnih spojeva u vinu, koji također u velikoj mjeri doprinose kvaliteti vina. Utjecaj mikorize na ostale analizirane parametre nije konzistentan.

Tablica 3. Prosječna vrijednost osnovnih kemijskih parametara vina Portugizac, 2018. god.
Table 3. Average chemical compounds concentrations, Portugieser wines 2018.

	Gregorić K	Gregorić M	Majcenović K	Majcenović M	Ciban K	Ciban M
Alkohol /Alcohol (vol%)	11,0 ^a	11,0 ^a	8,7 ^a	8,8 ^a	11,9 ^a	11,9 ^a
Ekstrakt ukupni/ Total extract (g/L)	23,2 ^b	28,7 ^a	19,3 ^a	19,6 ^a	24,8 ^a	24,2 ^a
Šećer reducirajući/ Reducing sugar (g/L)	3,7 ^b	8,0 ^a	3,2 ^a	3,0 ^a	4,2 ^a	3,8 ^a
Ekstrakt bez šećera/ Extract without sugar(g/L)	20,5 ^b	21,7 ^a	17,1 ^a	17,6 ^a	21,6 ^a	21,4 ^a
Ukupne kiseline (kao vinska)/ Total acidity (as tartaric) (g/L)	4,4 ^b	4,6 ^a	4,2 ^b	4,7 ^a	5,1 ^b	5,4 ^a
Hlapive kiseline (kao octena)/ Volatile acidity (as acetic)(g/L)	0,30 ^a	0,37 ^a	0,41 ^a	0,24 ^b	0,28 ^a	0,26 ^a
pH	3,55 ^a	3,46 ^b	3,54 ^a	3,43 ^b	3,41 ^a	3,39 ^b
Pepeo /Ash (g/L)	3,14 ^b	3,44 ^a	2,47 ^b	2,58 ^a	3,09 ^b	3,53 ^a

M – mikoriza; K – kontrola: Aritmetičke sredine označene različitim slovima su signifikantno različite uz $p=0,05$

U tablici 4. prikazan je polifenolni profil vina 'Portugizac' sa svih pokusnih vinograda u 2018. godini. Polifenolni se profil značajno razlikovao obzirom na podrijetlo grožđa. Kod svih uzoraka vina dobivenih od grožđa s mikoriziranih trsova, neovisno o položaju, uočeno je povećanje vrijednosti ukupnih antocijana, posebice glavnog predstavnika, malvidin-3-glukozida. Općenito su najveće koncentracije antocijana zabilježene u uzorcima vina OPG-a Gregorić gdje je kontrolno je vino sadržavalo 320,89 mg/L, dok je vino dobiveno od grožđa sa trsova zaraženih mikorizom sadržavalo 330,69 mg/L ukupnih antocijana. I kod ostala dva proizvođača zabilježene su značajno veće koncentracije ukupnih antocijana u mikoriziranim vinima što je vrlo značajno jer su antocijani nosioci boje crnih vina. Takvi rezultati u suglasju su s onima Torresa i sur. (2016) i Torresa i sur. (2018a,b) koji također navode više koncentracije ukupnih antocijana u mikoriziranim vinima, te istraživanju Gabriele i sur. (2016) koji pak ističu više koncentracije malvidin-3-glukozida u vinima s trsova inficiranih mikorizom.

U skupini flavonola postoje vidljive razlike u koncentracijama ukupnih, ali i pojedinačnih flavonolnih spojeva između vina različitih proizvođača. Tako su u vinima s OPG-a Majcenović izmjerene koncentracije ukupnih flavonola nešto niže od 7 mg/L, dok se one s OPG-a Ciban kreću oko 43 mg/L, dakle 6 puta više. Utjecaj mikorize na ovu skupinu polifenolnih spojeva nije konzistentan, osim u slučaju kvercetina čije su koncentracije više u svim mikoriziranim vinima u odnosu na kontrolna. Gabriele i sur. (2016) prijavljuju značajno veće koncentracije flavonola u mikoriziranim vinima sorte 'Sangiovese' u usporedbi s kontrolnim vinima. Pozitivan utjecaj mikorize očitovao se i u koncentracijama pojedinačnih i ukupnih fenolnih kiselina pri čemu je utvrđen značajno veći sadržaj kaftarinske kiseline i to kod svih proizvođača.

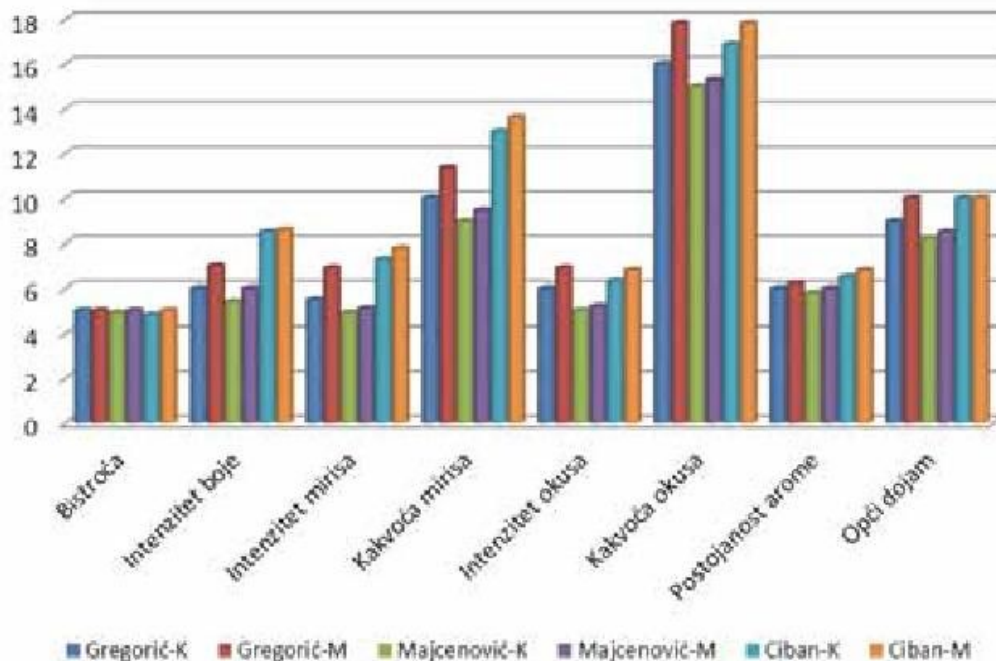
Koncentracije većine pojedinačnih, kao i koncentracija ukupnih flavan-3-ola također su značajno više u vinima proizvedenim od grožđa s trsova inficiranih mikorizom u odnosu na kontrolna vina. U skladu s time, vina dobivena od grožđa s trsova zaraženih mikorizom sva tri proizvođača izdvojila su se signifikantno višim koncentracijama ukupnih polifenola u odnosu na kontrolna vina. Pri tome ipak treba izdvojiti vina OPG-a Majcenović koja su općenito imala nešto niže koncentracije ukupnih polifenola u odnosu na vina druga dva proizvođača. Kad se u obzir uzmu i niže koncentracije šećera, razvidno je da grožđe navedenog proizvođača zbog prevelikog prinosa (u prosjeku gotovo 4 kg po trsu) te nešto lošijeg položaja samog vinograda nije imalo optimalne uvjete dozrijevanja. U više je istraživanja (Gabriele i sur., 2016; Torres i sur., 2016; Torres i sur., 2018a,b) potvrđena pojačana sinteza polifenolnih spojeva kod trsova zaraženih mikorizom. To je vrlo važno za kakvoću grožđa i vina, jednako kao i za prilagodljivost vinove loze na vanjske utjecaje.

Tablica 4. Polifenolni profil vina, Portugizac, 2018. god.
Table 4. Polyphenol profile of Portugieser wines, 2018

	Gregorić K	Gregorić M	Majcenović K	Majcenović M	Ciban K	Ciban M
Delfinidin-3-glukozid/ Delphinidin-3-glucoside	9,39 ^a	5,44 ^b	0,01 ^b	0,15 ^a	6,27 ^a	6,07 ^a
Petunidin-3-glukozid/ Petunidin-3-glucoside	9,38 ^a	6,53 ^b	1,04 ^b	1,41 ^a	7,15 ^b	7,40 ^a
Peonidin-3-glukozid/ Peonidin-3-glucoside	0,18 ^a	0,20 ^a	0,16 ^a	0,19 ^a	1,49 ^a	1,36 ^a
Malvidin-3-glukozid/ Malvidin-3-glucoside	301,92 ^b	318,51 ^a	116,92 ^b	140,49 ^a	206,40 ^b	215,35 ^a
Uk. antocijani/ Total anthocyanin	320,89 ^b	330,69 ^a	118,12 ^b	142,13 ^a	221,31 ^b	230,18 ^a
Mircetin-3-O-glukozid/ Myricetin-3-glucoside	9,60 ^a	9,33 ^a	0,96 ^a	0,82 ^a	14,27 ^a	13,50 ^a
Kvercetin-3-O-glukozid/ Quercetin-3-glucoside	6,39 ^a	5,25 ^a	2,74 ^a	2,52 ^a	26,07 ^a	26,13 ^a
Izoramnatin-3-O-glukozid/ Isorhamnatin-3-glucoside	2,10 ^b	2,61 ^a	1,06 ^b	1,26 ^a	0,01 ^a	0,02 ^a
Kvercetin/Quercetin	0,98 ^b	1,15 ^a	0,35 ^b	0,41 ^a	2,81 ^b	3,87 ^a
Uk. flavonoli/Total flavonols	22,25 ^a	20,99 ^a	6,91 ^a	6,98 ^a	43,15 ^a	43,50 ^a
Kaftarna/Caftaric acid	59,98 ^b	76,61 ^a	25,59 ^b	36,67 ^a	90,16 ^b	92,95 ^a
Kavna/Caffeic acid	4,25 ^a	4,21 ^a	3,56 ^a	3,57 ^a	4,77 ^b	5,79 ^a
Kutarna/Coutaric acid	12,27 ^b	14,72 ^a	6,71 ^b	8,53 ^a	16,90 ^a	16,05 ^a
Kumarna/Coumaric acid	2,27 ^a	1,57 ^b	1,64 ^a	1,00 ^b	1,95 ^b	2,81 ^a
Ferulična/Ferulic acid	0,64 ^a	0,34 ^b	0,20 ^a	0,22 ^a	0,73 ^b	0,82 ^a
Galna/Gallic acid	1,59 ^a	1,65 ^a	1,40 ^a	1,55 ^a	3,97 ^a	3,63 ^a
Uk. fenolne kiseline/ Total phenolic acids	81,01 ^b	99,11 ^a	39,11 ^b	51,56 ^a	118,48 ^b	122,05 ^a
Galokatehin/Gallocatehin	1,26 ^a	1,23 ^a	0,92 ^a	0,85 ^a	1,61 ^b	1,83 ^a
Procijandin B1/Procyanidin B1	1,61 ^b	4,09 ^a	0,83 ^b	2,55 ^a	1,45 ^b	3,25 ^a
Katehin/Catehin	8,72 ^b	10,13 ^a	6,94 ^b	7,52 ^a	9,94 ^b	12,04 ^a
Procijanidin B2/Procyanidin B2	2,86 ^b	4,27 ^a	2,19 ^b	2,50 ^a	2,50 ^b	3,78 ^a
Epikatehin/Epicatehin	4,50 ^b	6,15 ^a	4,05 ^b	4,28 ^a	3,00 ^b	5,25 ^a
Uk. flavan-3-oli/ Total flavan-3-ol	19,23 ^b	26,24 ^a	14,94 ^b	17,80 ^a	18,50 ^b	26,15 ^a
Resveratrol glukozid/ Resveratrol glucoside	0,97 ^a	1,00 ^a	0,58 ^a	0,57 ^a	1,48 ^a	1,52 ^a
Ukupno/Total	444,04 ^b	477,59 ^a	177,75 ^b	218,64 ^a	413,07 ^b	416,36 ^a

M – mikoriza; K – kontrola: Aritmetičke sredine označene različitim slovima su signifikantno različite uz $p=0,05$

Kao što je vidljivo iz grafikona 1, boljom kakvoćom izdvojila su se vina dobivena od grožđa iz varijante tretmana s mikoriznim gljivama što je u skladu s rezultatima Mešić i sur. (2016) pri čemu je najveća razlika uočena u intenzitetu boje, i to posebice kod vina OPG Gregorić, dok su se vina proizvođača Cibana općenito izdvojila najjačim tonalitetom boje, što je direktno povezano i s koncentracijama pojedinačnih polifenola u tim vinima. Vina OPG Gregorić, uslijed bolje obojenosti, ali i značajno veće kompleksnosti i harmoničnosti okusa, općenito su najbolje ocijenjena dok je najmanja različitost među varijantama uočena kod vina Cibana. Postojanost arome u ustima te bolji opći dojam također su pridonijeli krajnjem rezultatu, iako su u navedenim svojstvima vina varijanta OPG Majcenović bila nešto lošije kakvoće u odnosu na ostale uzorke.



Grafikon 1. Senzorna ocjena vina 'Portugizac'
Graph 1. Sensory evaluation of Portugieser wines

Zaključak

Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da se primjena mikoriznog cjepiva na sorti 'Portugizac' pokazala opravdanom u smislu poboljšanja kakvoće vina na sve tri pokusne lokacije. Mikoriza je utjecala na povećanja, kako ukupne kiselosti, tako i koncentracija pojedinačnih organskih kiselina, pepela te smanjenja pH vrijednosti vina. Jednako tako, pozitivno je djelovala i na polifenolni sastav te na senzornu ocjenu vina.

No kako se radi o jednogodišnjem istraživanju, za relevantne zaključke o opravdanosti primjene navedenog mikoriznog cjepiva na vinovu lozu, istraživanja bi trebalo proširiti na veći broj sorata kroz duži vremenski period.

Literatura

- Augé, R.M. (2001) Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, 11: 3-42.
- Azcón-Aguilar, C., Barea J.M. (1996) Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens – an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza*, 6: 457-464.
- Bavaresco, L., Pezzutto, S., Fornaroli, A., Ferrari, F. (2003) Grapevine Iron-Chlorosis Occurrence and Stilbene Root Concentration as Affected by the Rootstock and Arbuscular Mycorrhizal Infection. In: Hajdu E, Borbás E (eds) Proceedings of VIIIth IC on Grape, ISHS, Acta Hort 603:401-410.
- Biricolti, S., Ferrini, F., Rinaldelli, E., Tamantini, I., Vignozzi, N. (1997) VAM fungi and soil lime content influence rootstock growth and nutrient content. *Am. J. Enol. Vitic.* 48: 93-99.
- Camprubí, A., Estaun, V., Nogales, A., García-Figueres, F., Pitet, M., Calvet, C. (2008) Response of the grapevine rootstock Richter 110 to inoculation with native and selected arbuscular mycorrhizal fungi and growth performance in a

replant in vineyard. *Mycorrhiza*, 18: 211-216.

Cheng, X.M., Baumgartner, K. (2004) Survey of arbuscular mycorrhizal fungal communities in Northern California vineyards and mycorrhizal colonization potential of grapevine nursery stock. *Hort. Sci.* 39: 1702-1706.

Cheng, X.M., Baumgartner, K. (2006) Effects of mycorrhizal roots and extraradical hyphae on ¹⁵N uptake from vineyard cover crop litter and the soil microbial community. *Soil Biol. Biochem.* 38: 2665-2675.

Gabriele, M., Gerardi, C., Longo, V., Lucejko, J., Degano, I., Pucci, L., Domenici, V. (2016) The impact of mycorrhizal fungi on Sangiovese red wine production: Phenolic compounds and antioxidant properties. *LWT - Food Sci Technol* 72:310-316.

Karagiannidis, N., Nikolaou, N., Mattheou, A. (1995) Influence of three VA-mycorrhiza species on the growth and nutrient uptake of three grapevine rootstock and one table grape cultivar. *Vitis*, 34: 85-89.

Karagiannidis, N., Nikolaou, N. (2000) Influence of arbuscular mycorrhizae on heavy metal (Pb and Cd) uptake, growth and chemical composition of *Vitis vinifera* L. (cv. Razaki). *Am. J. Enol. Vitic.* 51: 269-275.

Karagiannidis, N., Nikolau, N., Ipsilantis, I., Zioziou, E. (2007) Effects of different N fertilizers on the activity of *Glomus mossae* and on grapevine nutrition and berry composition. *Mycorrhiza* 18:43-50 doi: 10.1007/s00572-007-0153-2.

Linderman, R.G., Davis, E.A. (2001) Comparative response of selected grapevine rootstocks and cultivars to inoculation with different mycorrhizal fungi. *Am. J. Enol. Vitic.* 52: 8-11.

Martin, F. F., Molina J. J., Nicolás Nicolás, E., Alarcón, J. J., Kirchmair, M., García, F. J., Bernabe Garcia, A. J., Bernal, C. (2017) Application of Arbuscular Mycorrhizae *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* var. *nova* in Intensive Agriculture: A Study Case. *Journal of Agricultural Science and Technology B* 7: 221-247, doi: 10.17265/2161-6264/2017.04.001.

Menge, J.A., Raski, D.J., Lider, L.A., Johnson, E.L.V., Jones, N.O., Kissler, J.J., Hemstreet, C.L. (1983) Interactions between mycorrhizal fungi, soil fumigation and growth of grapes in California. *Am. J. Enol. Vitic.* 34: 117-121.

Mesić, J., Svitlica, B., Mesić, L., Banožić, N. (2016) *Utjecaj mikoize na organoleptička svojstva vina Chardonnay*. Proceedings of 5th International conference "Vallis Aurea" Focus on: Research&Innovation. Požega, Veleučilište u Požegi: 287-291.

Mesić, J., Karoglan, M., Slunjski, S., Svitlica, B., Budimir, A., Miličević, B., Kujundžić, T. (2020) Utjecaj inokulacije mikoriznih gljiva na opskrbljenost biljnim hranivima kultivara Graševine (*Vitis vinifera* L.). *Poljoprivreda* 26: 43-49. doi: org/10.18047/poljo.26.2.5

Nicolás, E., Maestre-Valero, J.F., Alarcón, J.J., Pedrero, F., Vicente-Sánchez, J., Bernabé, A. (2015). Effectiveness and persistence of arbuscular mycorrhizal fungi on the physiology, nutrient uptake and yield of Crimson seedless grapevine. *J. Agric. Sci.* 153:1084-1096. doi:10.1017/S002185961400080X.

Nogales, A., Luque, J., Estaún, V., Camprubi, A., Garcia-Figueroles, F., Calvet, C. (2009) Differential Growth of Mycorrhizal Field-Inoculated Grapevine Rootstocks in Two Replant Soils. *Am. J. Enol. Vitic.* 60:484-489.

Pozo, M.J., Azcón-Aguilar, C. (2007) Unraveling mycorrhiza-induced resistance. *Curr. Opin. Plant Biol.* 10: 393-398.

Rosa, D., Pogiatis, A., Bowen, P., Kokkoris, V., Richards, A., Holland, T., Hart, M. (2020) Performance and Establishment of a Commercial Mycorrhizal Inoculant in Viticulture. *Agriculture* 10:539-551. doi:10.3390/agriculture10110539

Schreiner, R.P. (2003) Mycorrhizal Colonization of Grapevine Rootstocks under Field Conditions. *Am. J. Enol. Vitic.* 54:143-149.

Thompson, J.P. (1994) Inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from cropped soils overcomes long-fallow disorder of linseed (*Linum usitatissimum* L.) by improving P and Zn uptake. *Soil Biol. Biochem.* 26: 1133-1143.

Tomaz, I., Maslov, L. (2016) Simultaneous Determination of Phenolic Compounds in Different Matrices using Phenyl-Hexyl Stationary Phase. *Food Anal Metho* 9:401-410. doi:10.1007/s12161-015-0206-7.

Torres, N., Goicoechea, N., Morales, F., Antolin, M.C. (2016) Berry quality and antioxidant properties in *Vitis vinifera* cv. Tempranillo as affected by clonal variability, mycorrhizal inoculation and temperature. *Crop Past Sci* 67:961-977. doi: 10.1071/CP16038.

Torres, N., Goicoechea, N., Antolin, M.C. (2018a) Influence of irrigation strategy and mycorrhizal inoculation on fruit quality in different clones of Tempranillo grown under elevated temperatures. *Agric Water Manag* 202:285-298, doi: 10.1016/j.agwat.2017.12.004.

Torres, N., Antolin, M.C., Goicoechea, N. (2018b) Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis as a Promising Resource for Improving Berry Quality in Grapevines Under Changing Environments. *Front Plant Sci.* 9:1-18. doi:10.3389/fpls.2018.00897.

Velásquez, A., Valenzuela, M., Carvajal, M., Fiaschi, G., Avio, L., Giovannetti, M., D'Onofrio, C., Seeger, M. (2020) The arbuscular mycorrhizal fungus *Funneliformis mosseae* induces changes and increases the concentration of volatile organic compounds in *Vitis vinifera* cv. Sangiovese leaf tissue. *Plant Physiology and Biochemistry* 155:437-443. doi: org/10.1016/j.plaphy.2020.06.048

Prispjelo/Received: 20.1.2021.

Prihvaćeno/Accepted: 15.3.2021.

Original scientific paper

The impact of mycorrhiza on chemical composition of Portugieser wine

Abstract

The aim of this study was to assess the influence of application of mycorrhizal fungal inoculum on the Portugieser wine chemical composition. The experiment was conducted in fall 2016. in 3 locations in the area of ZOI Plešivica, with the „Mykoflor“ vaccine of Bio-budućnost d.o.o company application. The vaccine was applied to 100 vines of Portugieser variety, with the same number of untreated vines as a control. Chemical composition analysis of wine, as well sensory evaluation was carried out after the harvest in 2018. The results obtained demonstrated the positive impact of mycorrhiza on the wine chemical composition as an increase in total acidity, individual organic acids, wine ash, as well as decrease in pH value. Mycorrhiza also had a positive effect on the wine polyphenolic composition and sensory evaluation.

Keywords: Portugieser, mycorrhiza, chemical composition of wine, polyphenols