# PRIMJENA MIKORIZNIH GLJIVA KOD VINOVE LOZE

**Razumović, Ivan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josip Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:900250

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-29**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

*Repository / Repozitorij:*

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Ivan Razumović

Sveučilišni diplomski studij Voćarstvo, vinogradarstvo i vinarstvo,

Smjer Vinogradarstvo i vinarstvo

# PRIMJENA MIKORIZNIH GLJIVA KOD VINOVE LOZE

**Diplomski rad**

**Osijek, 2017.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Ivan Razumović

Sveučilišni diplomski studij Voćarstvo, vinogradarstvo i vinarstvo,

Smjer Vinogradarstvo i vinarstvo

# PRIMJENA MIKORIZNIH GLJIVA KOD VINOVE LOZE

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Izv.prof.dr.sc. Drago Bešlo, predsjednik
2. Prof.dr.sc. Suzana Kristek, mentor
3. Izv.prof.dr.sc. Sanda Rašić, član
4. Prof.dr.sc. Sanda Rašić, zamjenski član

Zapisničar: Jurica Jović, mag.ing.agr.

**Osijek, 2017.**

SADRŽAJ

1. UVOD ..... 1

2. MIKORIZA ..... 2

2.1. Simbioza ..... 2

2.2. Mikoriza ..... 2

2.2.1. Prednosti mikorize ..... 3

2.2.2. Vrste mikorize ..... 4

2.2.2.1. Endomikoriza ..... 4

2.2.2.1.1. Vezikularno arbuskularna mikoriza (VAM) ..... 5

2.2.2.1.2. Ekosustav i utjecaj vezikularno arbuskularne mikorize ..... 8

2.2.2.2. Ektomikoriza ..... 10

2.2.2.3. Ektoendomikoriza ..... 12

3. VAŽNOST MIKORIZNIH GLJIVA ..... 13

3.1. Djelovanje toksina na mikorizne gljive ..... 14

4. ULOGA MIKORIZNIH GLJIVA KOD TRAJNIH NASADA ..... 15

4.1. Primjena mikoriznih gljiva kod vinove loze ..... 17

4.2. Utjecaj mikoriza na rast i razvoj vinove loze (*Vitis vinifera* L.) ..... 18

4.2.1. Usvajanje fosfora ..... 19

4.2.2. Usvajanje dušika ..... 19

4.2.3. Povećanje tolerancije na stres ..... 20

4.2.3.1. Voda ..... 20

4.2.3.2. Salinitet ..... 21

4.2.3.3. Teški metali ..... 21

5. MIKROPROPAGACIJA ..... 22

6. ZAKLJUČAK ..... 24

7. POPIS LITERATURE ..... 25

8. SAŽETAK ..... 29

9. ABSTRACT ..... 30

10. POPIS SLIKA ..... 31

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

# 1. UVOD

Kada proučavamo život biljke uglavnom ju promatramo kroz rast i razvoj njezinih stabljika, lišća i plodova te njezinog korijenja koje ju fiksira za tlo i osigurava joj neophodne hranjive tvari i vodu iz tla koji su neophodni za njezin rast. Iako na prvi pogled vidimo biljke kao zasebne jedinke, iz podzemne su perspektive njihovi životi puno isprepleteniji. Naime, njihovo je korijenje međusobno umreženo i intenzivno komunicira. Osim što utječu jedna na drugu te osim što na njih utječu vanjski čimbenici poput vlage, hranjivih soli, tip tla i način obrade tla, tu je još jedan vrlo važan čimbenik – organizmi u tlu. Tlo nije mrtvi skup minerala i organskih tvari u kojem se događa mehaničko uzimanje hranjivih tvari i vode od strane biljaka, već mjesto u kojem buja život. U tlu su najzastupljeniji mikroorganizmi, od kojih mnogi imaju vrlo povoljan utjecaj na biljke. Među njima ima bakterija, algi i gljiva. Neke od njih žive u simbiozama (međusobni odnos od kojeg obje strane imaju koristi) s biljkama, u korijenju ili na vanjskoj strani korijena, a druge žive samostalno, no u intenzivnim odnosima s korijenjem susjednih biljaka. Neke preferiraju određene porodice biljaka, dok su druge rasprostranjene u većine biljaka. Simbioza između korijena biljaka i gljiva naziva se mikoriza. Gljive uspostavljaju simbiotske zajednice, tzv. mikorize, s više od 90% biljnih vrsta. Na taj način pomažu biljci u bržem i učinkovitijem usvajanju vode i mineralnih materija iz tla, a zauzvrat gljiva od biljke uzima gotovu organsku hranu koju ova stvara procesom fotosinteze. Hoće li biljka prihvatiti formiranje mikorize ovisi o prirodnim uvjetima ili kao rezultat manipulacije u laboratoriju zajedno s ekto i endomikoriznim gljivama. Brojne su prednosti mikorize: zdraviji i gušći korijenski sustav, veći urod, smanjenja potreba za gnojidbom, veća otpornost na sušu, smanjenja potreba za navodnjavanjem, mikorizne gljive luče enzime koji omogućavaju usvajanje minerala iz organskih oblika, štite biljku od raznih patogena, smanjuju stres, spriječavaju usvajanje teških metala (Smith i Read, 2008.). O svemu tome će biti više riječi u nastavku ovoga rada kao i o utjecaju mikoriznih gljiva na uzgoj pojedinih kultura, točnije vinove loze.

# 2. MIKORIZA

## 2.1. Simbioza

Biljke i određeni mikroorganizmi mogu stupiti u odnos od kojeg obje strane imaju koristi, a takav odnos se naziva simbioza. Takvi odnosi utječu na smanjivanje uporabe mineralnog gnojiva, što dovodi do smanjivanja zakiseljavanja i degradacije tla. Između biljaka i mikroorganizama postoji nekoliko oblika simbioze. Najpoznatiji primjeri simbioze su mikorizne gljive – biljka (Frank, 1885.), bakterija – biljka (Beijerinck, 1888.) i aktinomiceta – biljka (Callaham i sur, 1978.). Simbioza između mikoriznih gljiva i biljaka je najčešći oblik simbioze koji se pojavljuje u svijetu zelenih biljaka. Također, ovaj oblik simbioze pronađen je i na fosilima i smatra se ključnim u kolonizaciji primitivnih biljaka (Mukerji i sur, 2000.). Biljka pruža gljivama konstantan pristup ugljikohidratima kao što su glukoza i saharoza, a zauzvrat dobiva pristup teško dostupnim nutrijentima i otpornost na stres.

## 2.2. Mikoriza

Riječ mikoriza dolazi od grčke riječi mycorrhizae ili mycorrhizas (mykos – gljiva i rhiza – korijen), što bi u doslovnom prijevodu značilo „gljivino korijenje“. Mikorizu je otkrio poljski botaničar Franciszek Kamienski, davne 1880. godine te je zatim o svojem otkriću objavio i znanstveni rad (Čolić, 2013.). Mikoriza predstavlja simbiotski odnos između gljive i korijena od kojeg oba simbionta imaju koristi. Prednosti simbioznih asocijacija između mikoriznih gljiva i viših biljaka je visokomeđuzavisna veza gdje biljke imaju puno više koristi (mikorizne gljive proizvode antibiotike, te štite biljke od patogenih gljiva i bakterija u tlu; povećava se efektivna zona apsorpcije korijena putem hifa; veća otpornost biljaka na stres uzrokovana sušom; splet hifa oko korijena biljke fizički štite korijen od napada parazita..) dok gljive imaju samo jednu korist - dobiju fotosintezom nastale spojeve ugljika (produkte fotosinteze konvertirane u trihelozu, manitol i glikogen). Zbog svih tih prednosti ta tehnologija uzgoja uvelike ima svoje mjesto u ekološkoj i integriranoj poljoprivredi, gdje se teži smanjenju uporabe umjetnih gnojiva i pesticida, a mikoriza se može koristiti u svim poljoprivrednim sustavima, u konvencionalnoj, integriranoj i ekološkoj poljoprivredi. Provedena istraživanja rezultirala su dokazom da je mikoriza najbolja, najjeftinija i najučinkovitija metoda za dobivanje većih i zdravijih prinosa - u potpunosti u skladu sa prirodom (Čolić, 2013.).

### 2.2.1. Prednosti mikorize

Prednosti mikorize su sljedeće:

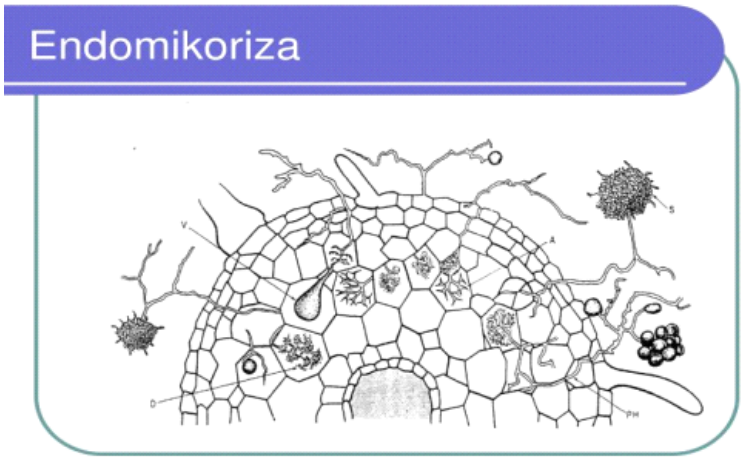
- bolja ishranjenost (gljiva pospješuje usvajanje vode, ugljika i dušika);
- gljive luče enzime koji omogućuju bržu mineralizaciju organske materije tla te veću pristupačnost dušika;
- gljive luče kiseline kojima otapaju i usvajaju teško topljive minerale te prenose s većih udaljenosti do biljke;
- veće su mogućnosti da će biljka preživjeti u nepogodnim klimatskim uvjetima jer hife gljive djeluju kao određeni biorezervoar vode tijekom suše;
- bolja prilagođenost na otežane uvjete u tlu jer gljiva uravnotežuje nepovoljan pH i zaslanjenost tla u neposrednoj blizini biljkinih korijenovih dlačica;
- gljiva štiti biljku od prevelike koncentracije teških metala u tlu jer ih nakuplja u svojim stanicama, a ne prosljeđuje biljci;
- povećava se otpornost biljaka na patogene u tlu jer gljive napadaju nematode, patogene gljive i bakterije te aktiviraju mehanizme zaštite i potiču jačanje imunološkog sustava biljke;
- gljive luče hormone i vitamine koji stimuliraju rast biljaka;
- uspostavljaju se mikorizne veze između više biljaka domaćina (ne nužno iste vrste), putem koje se vrši promet vode i hranjivih tvari, omogućuje biljci bolje iskorištavanje fosfora i dušika;
- do 40% smanjuje potrošnju vode;
- smanjuje potrošnju gnojiva i sredstava za zaštitu bilja do 35%;
- ubrzava rast biljke te za 25% povećava urod i kvalitetu plodova. (Bugarčić, 2015., Čolić, 2013.).

### 2.2.2. Vrste mikorize

Poznata su tri tipa mikorize: endomikoriza, ektomikoriza i ektoendomikoriza.

#### 2.2.2.1. Endomikoriza

Ako se gljiva razvija unutar korijena više biljke govorimo o endotrofnoj mikorizi koja kolonizira oko 300 000 biljnih vrsta. Endomikoriza je tip koji se najviše proučavao zbog toga što se pojavljuje na većini vaskularnih biljaka uključujući većinu hortikulturnih biljaka (Peterson i sur., 1984.). Biljka domaćin dobiva bolju toleranciju na deficit elemenata kao što su fosfor (P), kalij (K), kalcij (Ca) i drugi, na deficit vode i postaje tolerantna na zemljišne patogene uključujući gljive i nematode. Gljiva dobiva ugljikohidrate i energiju od biljke domaćina. Karakteristična osobina endomikorize je intracelularna penetracija korteksa i formacija jako razgranatih haustorija, kao što su arbuskule. Arbuskule predstavljaju mjesto izmjene nutrijenata između dva simbionta. Osim arbuskula, u najviše slučajeva u stanicama domaćina se formiraju okrugle do ovalne spore koje se nazivaju vezikule. Endomikorize čine 4/5 biljaka na kopnu, a raširene su po svim kontinentima (Bugarčić, 2015.).



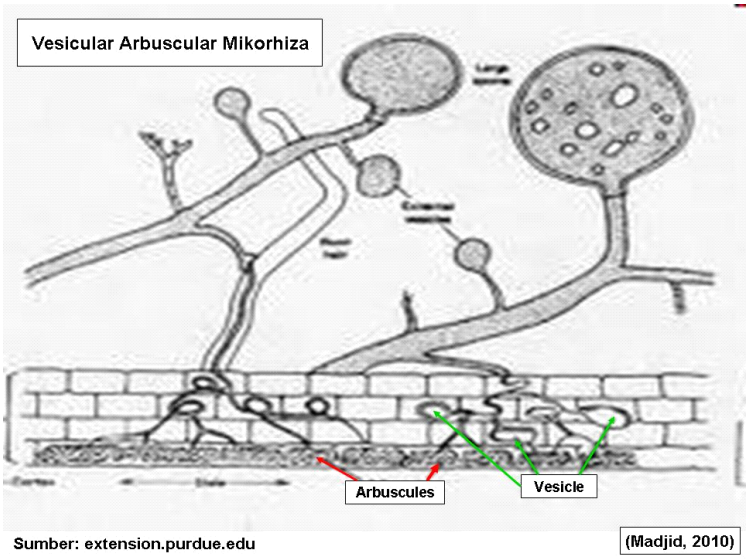

Slika 1. Prikaz endomikorize

(http://image1.slideserve.com/3550045/endomikoriza-n.jpg)

Endomikoriza je poznata i pod nazivima arbuskularna mikoriza (AM) i vezikularno - arbuskularna mikoriza (VAM), a ti se nazivi temelje na tvorevinama koje gljive čine unutar stanica korijena biljke domaćina, što olakšava protok hranjivih tvari kroz hife. Smatraju se vrlo važnima za kolonizaciju kopna biljkama, kao i njihovu evoluciju. Imaju nizak stupanj specifičnosti u odnosu na biljku domaćina, stoga su vrlo uspješne u preživljavanju. Većinom se javljaju sa zeljastim te drvenastim tropskim biljnim vrstama. Najvažnije poljoprivredne kulture koje čine endomikorizu su kukuruz, ječam, pšenica, soja, raž, proso, riža, leguminoze, vinova loza, maslina, krumpir, rajčica, luk, paprika, celer, češnjak, salata, šparoga, suncokret, duhan, kava, čajevac, kaučuk, kakao te voćne vrste - banana, jabuka, kruška, šljiva, breskva, trešnja, badem, smokva, jagoda, kiwi, citrusi (limun, naranča, mandarina) i ukrasno bilje (Gluhić, 2014.).

#### 2.2.2.1.1. Vezikularno arbuskularna mikoriza (VAM)

Predstavljaju jedan oblik endotrofne mikorize, odnosno visoko specijaliziranu simbiozu korijena i hife. Vezikularno arbuskularne mikorize predstavljaju najrašireniji oblik mikoriznih asocijacija. Gljive koje sudjeluju u njihovom formiranju pripadaju redu *Glomerales*, a oni su obligatni simbionti, kada ugine biljka domaćin to je ujedno i kraj aktivnog životnog ciklusa, ali u tlu ostaju spore koje se aktiviraju pri povoljnim okolišnim uvjetima. Ove gljive mogu rasti unutar korijena biljke domaćina tvoreći strukture vezikule i arbuskule, a pri tome ne uzrokuju simptome bolesti. Tijelo ove gljive je građeno od hifa koje su neseptirane, formiraju relativno velike spore koje mogu biti pojedinačne ili u međusobno različitim plodnim tijelima, ne postoje podaci o spolnom razmnožavanju, pa se smatra da su slučajne mutacije glavni razlog pojave genetske raznolikosti. Izgled arbuskularne mikorize objasnili su Nicolson (1967.) i Mukerji sa suradnicima (1984.) kao endotrofnu simbiozu sastavljenu od dva dijela: 1) unutarnji micelij unutar korteksa korijena domaćina; 2) vanjski micelij u tlu koji ovisi o vrsti domaćina. Ova mikoriza ne sadrži dio gljive koji raste na površini korijena te ne uzrokuje promjene u morfologiji korijena.




Slika 2. Prikaz vezikularno arbuskularne mikorize

(http://4.bp.blogspot.com/_dpPjAcpKgtE/TQM3PJaSf-I/AAAAAAAABQ4/8UGsmkQ3xtU/s1600/mikoriza%2B007.jpg)

Osnovne karakteristike vezikularno arbuskularnih gljiva su:

• pripadaju Zygomiceata-ma svrstanih u šest rodova reda *Glomales*;

• primitivne su gljive nesigurnih taksonomskih pripadnosti;

• za većinu ovih gljiva nije poznat seksualni stadij;

• poznato je oko 150 vrsta koje koliniziraju oko 300 000 vrsta i to uglavnom *Angiospermi*, *Pteridophyta* i *Coniferopsida*;

• hife penetriraju u cortex korijena – Arum i Paris tip;

• tvore slijedeće morfološke strukture : - u korijenju: hife, arbuskule i vezikule;

- u tlu: hife i spore.

Razdoblje razvoja vezikularno arbuskularnih gljiva označava se kao predsimbioza, a to razdoblje se dijeli na četiri stadija:

1. klijanje spora - vezikularno arbuskularne gljive u tlu započinju klijanje u povoljnim okolišnim i edafskim uvjetima, klijanje ne ovisi o prisutnosti biljke domaćina;

2. rast hifa - dolazi nakon klijanja i ono je kontrolirano izlučevinama korijena biljke (signalnim molekulama), tzv. strigolaktoni koje izlučuje biljka i potiče rast hifa u smjeru korijena. Niža koncentracija fosfora u tlu također potiče rast i grananje hifa gljive;

3. prepoznavanje domaćina - otkrivene su tvari, odnosno signali koje otpušta gljiva prije same kolonizacije korijena, ali još nije otkriven u potpunosti taj mehanizam;

4. formiranje aprisorija - infekcijskog aparata - dolaskom hife gljive do korijena biljke domaćina formira se apresorij na epidermi korijena, to omogućuje penetraciju hifa gljiva u korteks korijena biljke.

Arbuskule nastaju grananjem hifa unutar stanice korijena te služe za izmjenu fosfora, ugljika, vode i drugih hranjivih tvari između gljive simbionta i biljke domaćina.

Poznata su dva tipa arbuskula:

- PARIS TIP – karakterizira ga rast hifa iz jedne stanice u drugu;

- ARUM TIP – karakterizira ga rast hifa u prostoru između stanica korijena.

O biljci domaćinu ovisi koji će se oblik arbuskula formirati, iako kod nekih vrsta dolazi do formiranja oba tipa arbuskula. Tako se npr. kod vrsta porodice *Rossaceae* formira arum tip arbuskula, kod vrsta koje pripadaju porodici *Magnoliaceae* formira se paris tip arbuskula, dok se kod vrsta pripadnika porodica *Caprifoliaceae* mogu formirati oba tipa arbuskula. Osim hifa koje se razvijaju unutar stanica korijena biljke domaćina postoje i hife koje izlaze izvan korijena biljke i šire se u tlu, ta vrsta hifa odgovorna je za usvajanje fosfora, vode i drugih hranjivih tvari koje biljka ne može usvojiti putem korijenovih dlačica, te ih zatim pohranjuje u arbuskule i predaje biljci domaćinu u zamjenu za tvari koje su neophodne za život gljive –

ugljikohidrate. Ovaj tip hifa karakterizira velika moć apsorpcije hranjivih tvari i vode, te sposobnost prodiranja u pore tla koje su nedostupne za korijen biljke. Treći tip hifa također izlazi iz korijena biljke, a služi za kolonizaciju korijena drugih biljaka domaćina. Svi navedeni tipovi hifa se međusobno morfološki razlikuju. Vezikularno arbuskularne gljive štite biljku od patogena, jer nakon uspostave simbioze sprječavaju ulazak patogena u korijen biljke, izlučujući antimikrobne tvari. Smanjuju usvajanje teških metala (olovo, kadmij) od strane biljke. Nedostatak hranjivih tvari u tlu može se popraviti upravo sa ovim gljivama, one spletom hifa koje izlaze izvan korijena biljke domaćina usvajaju potrebna hraniva i vodu, te utječu na apsorpcijsku sposobnost korijena, a samim time i na pojačano usvajanje hranjiva. Osim za biljku domaćina korist proizlazi i za gljivu simbionta. Putem simbioze gljiva prima ugljikohidrate koji su esencijalni za daljnji rast, razvoj i razmnožavanje gljive. Preko 20% sintetiziranih ugljikohidrata preuzima gljiva, a izmjena tvari se odvija preko arbuskula koje se nalaze unutar stanica korijena. Vezikularno arbuskularne gljive nemaju sposobnost rasta i razvoja izvan biljke domaćina, stoga kako bi završili životni ciklus neophodna je uspostava mutualističkog odnosa sa različitim potencijalnim biljkama domaćinima koje im osiguravaju potrebne hranjive tvari – ugljikohidrate. Kako bi se doprinijelo poboljšanju gospodarenja tlom u skladu s načelima dobre poljoprivredne prakse potrebno je vezikularno – arbuskularnu mikorizu prihvatiti kao osnovnu komponentu zdravog tla i poticati praksu koja favorizira njenu primjenu i propagaciju. Temeljem toga postiže se niz pozitivnih pomaka na području očuvanja tla, vode i zraka što se očituje kroz smanjeno ulaganje štetnih inputa u poljoprivrednu proizvodnju.

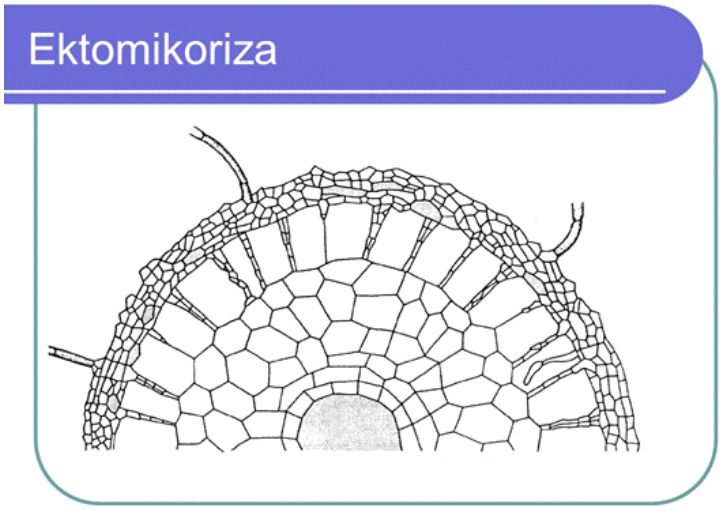
#### 2.2.2.1.2. Ekosustav i utjecaj vezikularno arbuskularne mikorize

Vezikularno arbuskularna mikoriza je rješenje kojim je sama priroda omogućila poboljšanje vegetacije i zdravlje biljke domaćina. U početku naseljavanja zemlje imale su esencijalnu ulogu, zato su omogućile naseljavanje biljaka na tla koja su bila siromašna hranjivim tvarima, no danas je situacija drugačija. Koriste se u velikoj mjeri u komercijalnim nasadima, kako bi se smanjila upotreba štetnih kemijskih sredstava, a tada se odmah provodi i zaštita tla, zraka, vode, biološke raznolikosti, istodobno se osiguravaju stalni i kvalitetni prinosi. Koriste se za naseljavanje degradiranih tala do kojih je došlo zbog lošeg gospodarenja, prekomjernog

iskorištavanja tla, a ne zaboravimo da nam je tlo najvažniji prirodni resurs. Njihovom primjenom poboljšavaju se fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla, a posebno u zoni korijena - rizosfere. Vezikularno arbuskularne gljive izlučuju glikoprotein glomalin koji je netopiv, zato ima veliku ulogu u agregaciji i stabilizaciji tla. Glomalin djeluje kao ljepak, odnosno ima sposobnost vezanja čestica tla, zbog toga se tvore „agregati“ plodnog tla i u značajnoj mjeri umanjuju negativne prirodne procese i eroziju. Utječe i na povećanje sadržaja ugljika u tlu, do kojeg dolazi zbog rasta mreže hifa i njihove razgradnje nakon što su obavile svoju funkciju, to dovodi do povećanja sadržaja organske tvari u tlu, te utječe na poboljšanje bioloških svojstava tla. Populacija vezikularno arbuskularnih gljiva je najveća u tropskim područjima, zbog velikog broja potencijalnih domaćina, ali u tim tlima bogatim pristupačnim hranjivima biljka sama može putem korijena usvajati hranjiva i zato joj nije potreban posrednik, pa od simbioze u tim uvjetima biljka domaćin nema koristi. Za razliku od bogatih tala ovaj oblik simbioze potreban je za biljke koje se uzgajaju na tlima siromašnim hranjivim tvarima kao što su pjeskovita i vulkanska tla. Prisutne su u prirodnim ekosustavima gdje postoji veliki broj različitih biljnih vrsta što omogućuje njegovo funkcioniranje i postojanje bez uplitanja čovjeka, a pravi dokaz tome su stabla stara tisuću godina koja su se razvila bez uplitanja čovjeka (gnojidba, navodnjavanje). Agroekosustav je modificiran prema potrebama čovjeka, ali njegovo uplitanje u prirodu u znatnoj mjeri smanjuje populaciju i broj spora vezikularno arbuskularnih gljiva. Zato se u proizvodnji koja obuhvaća primjenu ovih gljiva preporuča minimalna obrada i smanjena primjena mineralnih gnojiva, a prvenstveno fosfornih gnojiva, jer visoka koncentracija raspoloživog fosfora u zoni korijena smanjuje kolonizaciju vezikularno arbuskularnih gljiva i može dovesti do nedostatka drugih mikronutrijenata koji se usvajaju posredstvom mikorize (bakar). Danas kada se sagledaju velike štete koje su napravljene unošenjem velikih količina kemikalija u tlo pokušavaju se promijeniti temeljne osnove poljoprivredne proizvodnje kako bi proizvodnja bila u skladu sa prirodom. Zato se danas proizvode i primjenjuju razni preparati – mikorizna cjepiva u obliku spora ili živog micelija vezikularno arbuskularnih gljiva koje su odmah po ulazu u tlo spremne za kolonizaciju korijena biljke.

### 2.2.2.2. Ektomikoriza

Ako gljiva opkoljuje korijen izvana, govorimo o ektotrofnoj mikorizi koja kolonizira više od 2000 biljnih vrsta (oko 10% Angyospermi i veliki broj Gymnospermi). Uglavnom se javlja kod drveća, međutim ustanovljena je i kod nekih jednosupnica, te kod papratnjača. Ektomikoriza, osim vinove loze (Vitis vinifera), obuhvaća i neke druge drvenaste vrste iz porodica: *Aceraceae*, *Bignoniaceae*, *Casuarinaceae*, *Compositae*, *Cupressaceae*, *Dipterocarpaceae*, *Ericaceae*, *Fagaceae*, *Gnetaceae*, *Mimosaceae*, *Myrtaceae*, *Pinaceae*, *Rosaceae*, *Sapindaceae*. Ektomikorizne gljive koje koloniziraju korijenje vinove loze i stvaraju gustu micelijsku ovojnicu na površini korijena i oko njegove površine u tlu pripadaju rodovima *Ascomycota*, *Basidiomycota*.

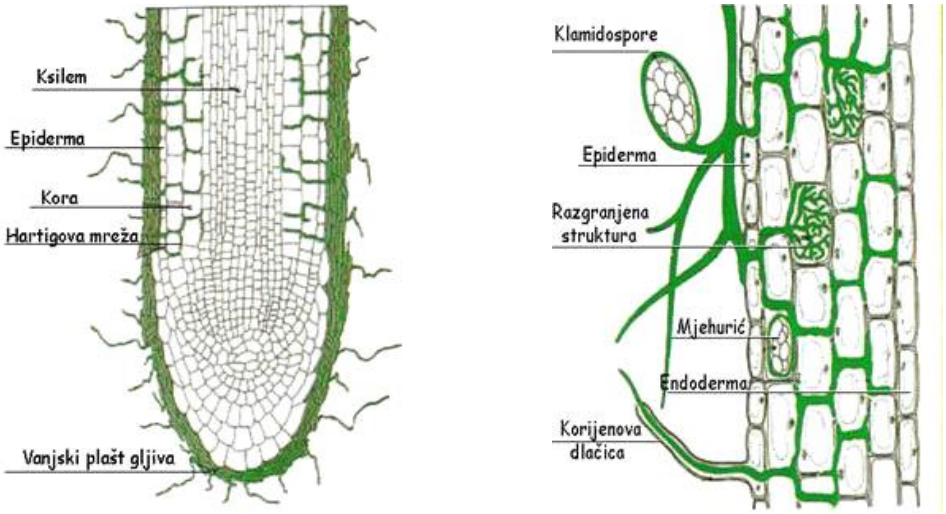



Slika 3. Presjek ektomikorize

(https://userscontent2.emaze.com/images/c7a9cd3b-a669-42bf-bcf2-659e9fe66049/7c64cab46b2b57dc2828cc47924b3f57.png/)

Specifičnost ove vrste mikorize čini gusti splet hifa različite debljine koje obavijaju kratko i debelo postrano korijenje biljaka domaćina. Hife su tanje i mogu ući u najsitnije pore u tlu te se povećava učinkovitost upijanja hranjivih tvari i vode. Uz to, značajan je i intercelularni ulazak gljivičnih hifa između stanica kore. Gljivične hife kod ektomikorize odlikuju se osim micelijskim plaštem (engl. mantle) oko vanjske površine korijena i tzv. Hartigovom mrežom,

koja se nalazi u međustaničnim prostorima kore. Hife s površine korijena, točnije iz plašta, osim što se radijalno šire u tlo, ulaze i u apoplast korijena gdje zajedno s kortikalnim ili epidermalnim stanicama korijena biljke formiraju Hartigovu mrežu. Upravo zbog takve građe olakšan je i povećan kontakt između dvaju simbionata. Sukladno tome, dva glavna ektomikorizna organa su plašt i Hartigova mreža. Hife imaju funkciju korijenovih dlačica te zbog svoje površine omogućuju olakšanu apsorpciju vode s otopljenim mineralnim tvarima. Naime, micelijski plašt djeluje kao uređaj za odabir i apsorpciju, dok Hartigova mreža vrši funkciju razmjene tvari između gljive i biljke domaćina, u ovom slučaju vinove loze (Brundrett, 2004.). Zbog dobro razvijene mreže micelija ektomikoriza olakšava apsorpciju fosfata i nitrata. Ova pojava je posebno značajna na siromašnijim tlima. Ektomikorizom se proizvode metaboliti koji utječu na regulaciju rasta biljke domaćina te regulaciju otpuštanja elemenata iz biljke domaćina. Uz to, kao posljedica simbiotskog odnosa ektomikoriznih gljiva s korijenjem vinove loze, javljaju se pozitivni učinci vidljivi na nadzemnim dijelovima i na plodovima, odnosno na zrelom grožđu spremnom za preradu. Mikoriza utječe na kemijski sastav grožđa, odnosno povećava koncentraciju šećera, polifenola koji su zaslužni za formiranje okusa, boje i astrigencije budućeg vina te antocijana, nosioca boje crnih vina (Klasa, 2012.).



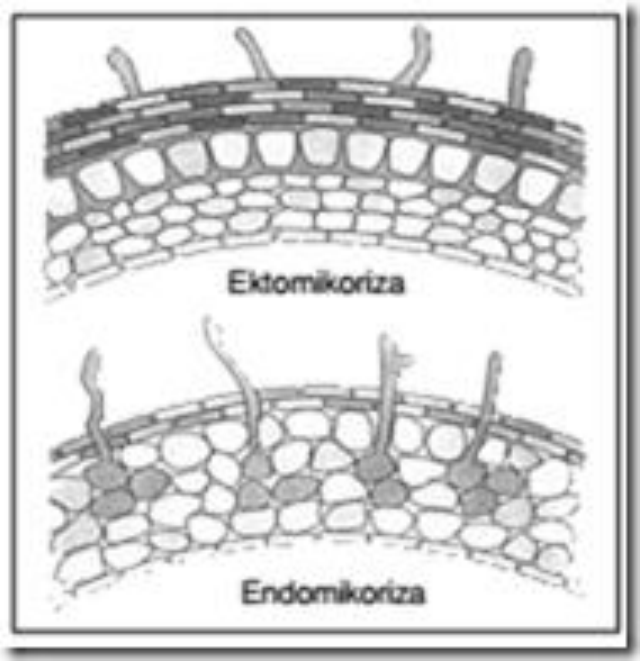

Slika 4. Poprečni presjek ektomikorize i endomikorize

(http://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odg-slike/odg443-1.jpg/)

(http://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odg-slike/odg443-5.jpg/)

### 2.2.2.3. Ektoendomikoriza

Ektoendomikoriza - označava prijelazni oblik između ekto i endomikorize (Bugarčić, 2015.). Ektoendomikorizu (EEM) karakteriziraju dijelovi nalik na ektomikorizu, ali osim intercelularne penetracije epiderme i korteksa, postoji i intracelularna penetracija. Razvoj EEM je određen biljnim vrstama iz rodova Pinus i Picea te manji broj vrsta iz roda Larix (Mukerji i sur., 2000.). Početno područje kontakta između simbionata je epiderma. Hife vanjskog omotača vrlo brzo se ugrađuju u veliki broj mucigela (polisaharidni omotač korijenove kape) što rezultira glatkom površinom korijena bez vidljivog omotača. Mucigel, korijenska želatinozna izlučevina, i signali koji dolaze iz njega bitni su kod početka grananja hifa blizu površine korijena (Scales i Peterson, 1991.). Unutarstanična penetracija epidermalnih i kortikalnih stanica, koja se javlja pet do šest stanica iza apikalnog meristema, odvija se uz stvaranje apresorija (Wilcox, 1971.). Izmjena minerala se može pojavljivati tijekom unutarstanične penetracijske faze i to kada su i hife i korijenove stanice zdrave i kompatibilne (Piche i sur., 1986.).




Slika 5. Prikaz ektomikorize i endomikorize

(http://lh5.ggpht.com/-pSAVskwfDzc/UbKfY-WTqmI/AAAAAAAAAgQ/Z9cXb1_aJh4/image_thumb.png?imgmax=800/)

# 3. VAŽNOST MIKORIZNIH GLJIVA

Mikorizne gljive su asocijacija gljiva, predstavnika *Zygomyceta*, *Basidiomyceta* i *Ascomyceta* koje žive na korijenu viših biljaka. Prvi ih je otkrio Albert Bernard Frank (1885.). Nađeni su fosilni ostaci mikoriznih gljiva na korijenu prvih vaskularnih biljaka koji potječu iz perioda Devona oko 400 mil.godina prije nove ere. Velika važnost gljiva mikorize je u očuvanju strukture plodnog tla. Sitne čestice tla spajaju se jedna s drugom i tvore „agregate“ plodnog tla, a kilometri sitnih niti micelija mogu biti prisutni u naprstku zdravog tla. Ove sićušne niti „pristupaju” hranjivim tvarima i vodi, te ih apsorbiraju i transportiraju iz tla svojoj biljci domaćinu. Botaničari smatraju da je stvaranje ove simbiotske asocijacije imalo presudnu ulogu u razvoju i širenju vaskularnih biljaka na zemlji. Mikorize se bolje razvijaju pri smanjenoj učestalosti oranja, pri postojanju stalnog zelenog pokrova, kao i u uvjetima manjeg korištenja pesticida i sintetskih gnojiva. Osim što su utjecale na razvoj vaskularnih biljaka, mikorizne gljive su utjecale i na razvoj tla, one produciraju humusne komponente i organski ljepak (ekstracelularni polisaharid) koji tlo lijepe u agregate, pa su tla sa velikim udjelom mikoriza u ukupnoj strukturnoj biomasi strukturna i dobre poroznosti. Mikorizne gljive koloniziraju korijenje oko 90% vaskularnih biljaka. Zbog simbioze gljive imaju idealne uvjete za rast sa stalnom zalihom ugljikohidrata od biljaka, dok zauzvrat gljive snabdijevaju biljku fosforima i drugim mineralima koje selektivno upijaju iz tla, te povećavaju površinu za uzimanje vode. Gljive luče hormone rasta koji potiču korijenje na rast i grananje, a enzimi omogućavaju uzimanje minerala iz organskih oblika i proizvode antibiotike koji mogu pomoći u zaštiti biljke od patogenih gljiva i bakterija u tlu. Mikorize su učinkovitije u upijanju minerala, čak upiju više nego što upije korijen, one imaju velike mogućnosti skladištenja vode, te za sušnih razdoblja opskrbljuju biljku tom uskladištenom vodom.

### 3.1. Djelovanje toksina na mikorizne gljive

Mikorizne gljive u tlu imaju svoje „neprijatelje“ koji djeluju toksično, neki od tih neprijatelja osim samoga čovjeka su: pesticidi, metali i drugi spojevi. Jako je važno ispitati sastav tla i otkriti koji spojevi djeluju toksično, a na koje gljiva ima toleranciju.

• pesticidi – mikrobna aktivnost u tlu može osloboditi za tlo vezane pesticide, te oni ponovno prolaze kroz interakcije u okolišu. Prema tome, mikoriza i micelij koji su prisutni pretežno u organskom najgornjem sloju tla mogu biti izloženi pesticidima. Testirani fungicidi pokazali su se toksičnima za ektomikorizne gljive vjerojatno zbog njihovog općeg načina djelovanja. Fungicidi su se pokazali toksičnijima za ektomikorizne gljive nego herbicidi;

• metali – mnogi su metali neophodni za rast i razvoj gljiva (bakar, kalij, natrij i dr.), ali oni svi mogu imati toksično djelovanje kada su prisutni u većim od dopuštenih koncentracija. Toksični učinci metala su mnogi, uzrokuju raspad stanične membrane, premjeste/zamjene ione esencijalnih membrana, blokiraju enzime. Gljive reagiraju na toksične metale ovisno o njihovoj toleranciji na metale;

• abiotičke promjene u okolišu – većina mikoriznih gljiva je osjetljiva na promjene u okolišu, posebno na veliko povećanje dostupnosti dušika uzrokovanog dodavanjem dušika. To može dovesti do velikih gubitaka u raznolikosti vrsta, te bitno promijeniti strukture mikoriznih zajednica. Važnu, a možda i najvažniju ulogu u smanjenju toksičnih spojeva ima čovjek, dobrim gospodarenjem može se izbjeći pojava toksina u tlu i osigurati kvalitetan rast i razvoj mikoriznih gljiva u simbiozi sa biljkama.

# 4. ULOGA MIKORIZNIH GLJIVA KOD TRAJNIH NASADA

U našem okruženju često nailazimo na degradirana tla niske pH vrijednosti, teška tla s visokim sadržajem gline, teško obradiva tla i uglavnom tla koja nisu plodna niti produktivna. Zbog relativno niskog sadržaja minerala u tlu biljke su osjetljive na vanjske stresove, patogene, štetnike i imaju manji prinos. Ovakav način gospodarenja treba izbjegavati, a jedan način je pomoću simbioze korijena i gljive, tj. mikorizama. Gljive su najpoznatije u svojoj ulozi povećanja usvajanja minerala iz tla. Zbog svog pozitivnog utjecaja, mikorize moraju predstavljati jednu od najbitnijih komponenti svake održive poljoprivrede. Njihovo najbolje djelovanje pokazalo se u tlima s niskim sadržajem fosfora, gdje ispiranje pojedinih minerala utječe inhibitorno na produktivnost i gdje financijska situacija malih poljoprivrednika onemogućava njihovu konkurentnost zbog visokih cijena sintetičkih gnojiva. Osim već navedenih benefita, mikorize utječu i na povećanje otpornosti na zemljišne patogene, na smanjenje korova, na smanjenje oštećenja od toksičnih metala i na poboljšanje strukture tla (Picone, 2002.).

Najpoznatija uloga mikoriza je povećanje sposobnosti biljke domaćina da usvaja minerale iz tla, a najviše fosfor (Marschner i Dell, 1994.). Većina voćaka koje su zakržljale u sterilnim uvjetima pokazati će snažan, robustan rast ukoliko se aplicira fosfor ili mikoriza. U našim tlima nedostatak fosfora je vrlo česta pojava zbog toga što gotovo 80% apliciranog fosfora nije odmah pristupačno biljci jer se veliki dio unesenog fosfora transformira u nepristupačne oblike (Diederichs i Moawad, 1993.). Mikorize mogu povećati efikasnost aplikacije fosfora i time smanjiti količinu gnojiva potrebnu za optimalan rast biljke (Sieverding, 1991.). Osim fosfora, ishrana drugim elementima je poboljšana mikoriznom kolonizacijom. Dušik se bolje usvaja kod voćaka koloniziranih mikorizom, nego kod nekoloniziranih istom (Marschner i Dell, 1994.). Usporedno s nekoloniziranim biljkama, mikorizirane biljke mogu bolje usvajati K, Ca, Fe, Mg, S, Cu i Zn kada su ti elementi u deficitu (Saif, 1987.). AM gljive apsorbiraju hranjive tvari i istog anorganskog dijela kao i korijen, ali su gljive efikasnije (Diederich i Moawad, 1993.). To je rezultat hifa gljive koje su puno tanje od korijenovih dlačica te je omjer površine i volumena hifa puno veći nego korijen biljke. Također, hife se izdužuju nekoliko centimetara izvan zone korijena.

Jedna od najbitnijih, a do sada podcijenjenih, uloga mikorize je njihova sposobnost stabilizacije agregata tla i poboljšanja strukture tla. Stabilni agregati su bitni za kvalitetnu aeraciju i pomažu u sprječavanju erozije vjetrom ili vodom (Miller i Jastrow, 1992.). Kada je struktura tla poboljšana, korijenje i zemljišne gliste mogu lakše prodirati kroz tlo, oborine se lakše infiltriraju, tlo zadržava više vlage i sprječava se ispiranje. Razgranata mreža korijenovih dlačica i hifa fizički sjedinjuje dijelove tla i „cementira“ ih u veće agregate, tj. makroagregate (>1mm) izlučivanjem polisaharida i glikoproteina (Picone, 2002.). U voćnjacima na zatravnjenim tlima AM gljive predstavljaju bitnije agente u vezivanju agregata, nego korijenje ili organska tvar (Miller i Jastrow, 1990.).

Česta ograničenja produktivnosti biljaka u kiselim tlima su visoke konentracije iona teških metala i njihovih oksida (Sanchez, 1976.). U nekim istraživanjima, kolonizacije mikoriza utjecale su na reduciranje štetnog efekta Al, Fe, Zn, Ni i Cu smanjivanjem njihove koncentracije u biljnom tkivu (Koslowsky i Boerner, 1989.). Najvjerojatniji razlog smanjenja koncentracije teških metala u tkivu biljke je poboljšano usvajanje fosfora jer se time smanjuje stres uzrokovan teškim metalima. Mikorizne gljive mogu smanjiti štetu imobilizacijom pojedinih metala (Fe, Ni, Zn) u korijenu (Kaldorf i sur., 1999.).

Arbuskularne gljive igraju bitnu ulogu u zaštiti višegodišnjeg nasada od zemljišnih patogena i nematoda. Iako je efikasnost mikoriza dobro opisana u radovima, vrlo malo znamo o samom mehanizmu zaštite korijena (Azcon – Aguilar i Barea, 1996.). Najvjerojatniji razlog je poboljšana ishrana biljaka. Također, mogući razlozi su i kompeticije između mikorizne gljive i patogena za produktima fotosinteze ili kompeticija za kolonizacijsko mjesto na korijenu. Biljke kolonizirane AM gljivom proizvode eksudate koji utječu na mikrobnu zajednicu u rizosferi. Ekstrakti iz AM korijena reduciraju proizvodnju sporangija i zoospora zajedničkog patogena *Phytophtora cinamoni* (Picone, 2002.). Također, rizosfera AM biljaka ima manje populacije patogenih *Fusarium* vrsta i veće populacije aktinomiceta koje imaju antagonističko djelovanje prema patogenima (Azcon – Aguilari Barea, 1996.).

Najčešći korovi u voćnjacima su biljke iz porodice *Poaceae*, a to su jednogodišnje biljke. Većina biljaka koje nemaju koristi od mikoriza su jednogodišnje biljke iz porodice trava (*Poaceae*). Mikorizne gljive mogu suzbiti postojanost trava direktno i indirektno. Indirektno suzbijanje potječe iz interakcije višeg reda – mikorize mogu posredovati u kompeticiji između

biljaka koje nisu domaćini gljivama i biljkama koje su domaćini mikoriznim gljivama (Grime i sur., 1987.). U kompeticiji, mikorizirane biljke mogu djelovati antagonistički i inhibitorno na nemikorizirane biljke. U istraživanjima u lončanicama s biljkama, koje nisu domaćin mikorizi (*Amaranthus, Chenopodium, Polygonum, Rumex, Portulacca* i *Brassica*), inokulacija tla s AM gljivama smanjila je biomasu trava za oko 60% (Jordan, 2000.). Prisutnost AM gljiva mogu smanjiti i klijanje trava (Francis i Read, 1995.). Direktan negativni utjecaj AM gljive na biljke koje nisu domaćini mikorizi se ogledaju u njihovom utrošku ugljika i kemijskim eksudatima (Francis i Read, 1995.). Ekstrakti iz mikoriziranih tala inhibiraju razvoj korijena biljaka koje nisu domaćini.

### 4.1. Primjena mikoriznih gljiva kod vinove loze

Mikorizne gljive u uzajamnoj simbiozi sa vinovom lozom poboljšavaju njezin rast i ishranu (Aguín i sur., 2004). U ovom visoko-ovisnom odnosu uspostavljenom između oba partnera, vinova loza prima mineralne hranjive tvari putem micelija gljiva. S druge strane, heterotrofne gljive dobivaju ugljične spojeve od fotosinteze domaćina. Gljiva u stvari postaje sastavni dio korjenova sustava. Vinova loza koja kao autotrofni domaćin putem fotosinteze proizvodi organska hranjiva na taj način je i ekološki zaštićeno stanište za gljive budući da one dobivaju sve potrebne nutrijente za normalan rast i razvoj (Azcón-Aguilar i sur., 1996). Isti autori navode kako mikoriza ima pozitivan učinak na zdravlje i rast biljaka budući da djeluje kao biognojivo i biozaštita. Na taj se način, između ostalog, smanjuje unošenje kemijskih gnojiva i pesticida u tlo. Maksimalna korist dobit će se samo inokulacijom s učinkovitim mikoriznim gljivicama i pažljivim odabirom kompatibilne kombinacije domaćin (u ovom slučaju vinova loza) – gljiva – podloga. Schreiner (2003.) i Ozdemir i sur. (2010.) ističu važnost esencijalnih elemenata u ovoj simbiozi. Naime, mikorizne gljive formiranjem simbioze s biljkama mogu povećati dostupnost esencijalnih biljnih hranjivih tvari kao što su fosfor (P), cink (Zn), bakar (Cu), za koje se smatra da su sporo mobilni u tlu. Dok je u mnogo slučajeva povećani rast vinove loze povezan sa pojačanim unosom fosfora u tlo, ostale hranjive tvari, uključujući željezo (Fe), bakar (Cu), cink (Zn), također uzrokuju povećani rast kod različitih kultivara vinove loze. Osim toga, mikorizne gljive mogu oslobađati fosfor i kroz mineralizaciju organske tvari, hidrolizom fosfatno-esterskih veza uz pomoć fosfataza (Lazarević, 2013).

Budući da imaju sposobnost skladištenja vode, mikorizne gljive također potpomažu u stjecanju dodatne otpornosti na sušu kod vinove loze.

### 4.2. Utjecaj mikoriza na rast i razvoj vinove loze (Vitis vinifera L.)

Gnojidba vinove loze je esencijalna jer određuje funkcije loze i kvalitetu te kvantitetu vina. Fertilizacija ovisi o biljci, kvaliteti tla i vrsti uzgoja. Većina tala gdje se uzgaja vinova loza su siromašna hranjivim tvarima.

Poznato je da se mikozira javlja obično kod niskog sadržaja minerala u biljci ili niskog sadržaja minerala u tlu (najčešće fosfora) (Smith i Read, 2008.). U suprotnom, visok sadržaj dušika i fosfora u biljci ili tlu reducira pojavu mikoriznih kolonizacija. Također, utjecaj mikorize na usvajanje hranjivih tvari može ovisiti i o strukturi korijenovog sustava. Struktura korijena vinove loze obično je niske gustoće i velikog dijametra, što ovisi o podlozi na koju je plemka kalemljena, ali i o zahvatima u vinogradu. Zbog toga mikoriza može imati bitnu ulogu u povećanju biomase, tj. volumena korijena, a time utječe na usvajanje adekvatne količine vode i hranjivih tvari. Kada mikoriza kolonizira biljku, usvajanje minerala se može odvijati putem micelija i putem korijenovih dlačica, što uvelike povećava sposobnost biljke da usvoji minerale iz tla.



Slika 6. Razlike u razvoju između mikoriziranog i nemikoriziranog nasada vinove loze

(http://www.savjetodavna.hr/adminmax/images/image002.jpg

http://www.savjetodavna.hr/adminmax/images/image003(1).jpg)

### 4.2.1. Usvajanje fosfora

Nedostatak fosfora u vinogradima je rijetka pojava zbog limitirane potrebe za fosforom i zbog dovoljne količine fosfora u većini vinograda koje nastaje remobilizacijom iz zaostale kore, drveta ili korijenja (Jackson, 2014.). Nedostatak fosfora je opisan u vinogradima u Australiji (Tulloch i Harris 1970.), Francuskoj (Champagnol, 1978.), Njemačkoj (Gärtel, 1965.) i SAD-u (Cook i sur., 1983.). Bitnu ulogu u takvim tlima igraju mikorize, koje daju doprinos u usvajanju fosfora. Najčešći oblik fosfora koje biljke usvajaju je topivi $HPO_4^{2-}$, koji je u tlu teško dostupan zbog svoje izrazito male mobilnosti. Mikorizirani korijen vinove loze povećava sposobnost usvajanja fosfora zbog svojih hifa koje se rasprostiru izvan površine korijenovog sustava i manjih su dimenzija te prodiru u puno sitnije pore tla (Harrison, 1999.).

### 4.2.2. Usvajanje dušika

Usvojeni dušik iz tla vrlo je bitan element koji utječe na metabolizam vinove loze i izgradnju drvnih dijelova (Wermelinger i sur., 1991.). Od svih elemenata dušik je najzaslužniji za rast i razvoj vinove loze te količinu i kvalitetu grožđa. Adekvatne količine dušika utječu na brži rast i razvoj mladih presadnica vinove loze i osiguravaju brzi rast mladica u proljeće. Poznato je da arbuskularne mikorize mogu igrati bitnu ulogu u usvajanju dušika iz tla (Smith i sur., 2010.), iako uloga dušika u AM simbiozi nije toliko jasna kao uloga fosfora. AM gljive imaju sposobnost usvajanja dušika u obliku $NO_3^-$, $NH_4^+$ kao i organski dušik (Whiteside i sur., 2012., Talbot i Treseder, 2010., Hodge i sur., 2001.). Kod vinove loze usvajanje dušika iz tla preko mikorize može utjecati na povećanje biomase biljke (Karagiannidis i sur., 2007.). Ovisno o tome u kojem se obliku dušik nalazi u gnojivu, gnojidba može povećati masu suhe tvari mikorizirane biljke. Dušik u obliku $NO_3^-$ najbolje utječe na povećanje mase suhe tvari, dok urea reducira AM kolonizaciju i sporulaciju. Osim anorganskog dušika, poznato je da AM gljive mogu usvajati organski oblik dušika iz razgrađene organske tvari (Hodge i Fitter, 2010.).

### 4.2.3. Povećanje tolerancije na stres

Abiotski stres prouzrokuje povećan gubitak produktivnosti biljaka. Vinova loza nije izuzetak i suočava se s nekoliko abiotskih stresova tijekom svog životnog vijeka. Suša, salinitet i teški metali su bitan problem u gotovo svakom dijelu svijeta. Sposobnost AM gljive da poveća toleranciju biljaka na stres poznata je duže vrijeme, a njen utjecaj u održivoj poljoprivredi biti će od presudnog značaja za kvalitetu tla i produktivnost biljaka (Smith i Read, 2008.).

#### 4.2.3.1. Voda

Sadržaj vode u tlu i usvajanje vode od strane biljaka su ključni faktori za razvoj i prinos vinove loze te kvalitetu grožđa. Nedostatak vode u vinogradima je vrlo česta pojava i može utjecati negativno na fotosintezu i prinos.

Mikorizne gljive su poznate po tome što povećavaju usvajanje vode od strane biljke. Izrazito stvaranje vanjskog micelija utječe na povećanje korijenovog volumena, a time i na povećanje površine usvajanja. Hife gljive su puno sitnije i prodiru do sitnijih pora od korijenovih dlačica te mogu usvojiti vodu koja je biljci u pravilu nedostupna.

Postoji nekoliko radova koji su se bavili utjecajem AM gljive na usvajanje vode iz tla. Na primjer u Mađarskoj, Donkó i suradnici (2014.), došli su do zaključka da je stupanj kolonizacije u tlu pri nedostatku vode bio značajno veći, nego s adekvatnom opskrbljenosti vodom. Kolonizirane biljke vinove loze mogu pojačano usvajati vodu i gljiva omogućuje lozi da se bori sa stresom. Pozitivan učinak AM gljive ovisi i o podlozi vinove loze. Razvoj korijena tijekom toplog i suhog razdoblja u proljeće utječe na rast korijena u dubinu. Takvo korijenje slabije ovisi o mikorizi i može većinom samo usvajati vodu. U suhom tlu rast korijena u dubinu je otežan zbog smanjenog turgora i takav korijen je idealan za razvoj mikorize.

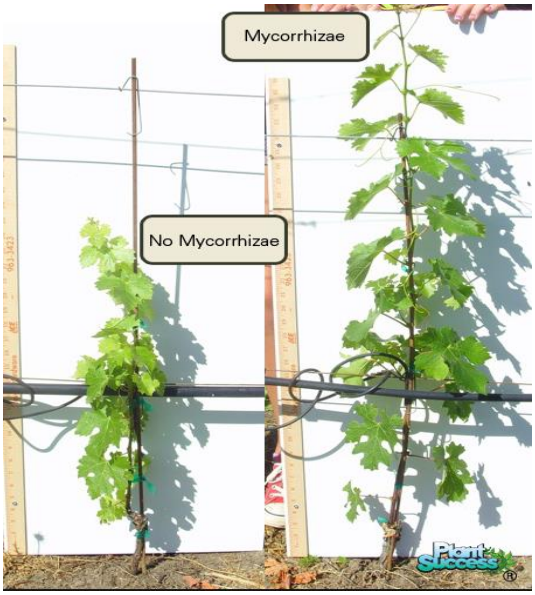
#### 4.2.3.2. Salinitet

Salinitet tla se definira kao količina otopljenih soli u tlu i predstavlja jedan od bitnijih faktora koji utječu ograničavajući na produktivnost biljaka, najviše u aridnim i semiaridnim klimama mediteranskog područja (Belew i sur., 2010.). Glavne posljedice saliniteta su: a) stvaranje osmotskog stresa koji sprječava transpiraciju i fotosintezu (Shannon i Grieve, 1998.) i b) uvođenje promjena u mineralnom balansu koji dovodi do poremećaja metabolizma i promjenu fiziološkog mehanizma (Hasegawa i sur., 2000.), a što dovodi do sprječavanja rasta biljke. Poznato je da se AM gljive prirodno pojavljuju u zaslanjenim tlima i utječu na smanjenje stresa izazvanog salinitetom tako što utječu na povećanje usvajanja elemenata kao što su: P, N, Zn, Cu i Fe (García i Mendoza, 2007.). Poboljšanje usvajanja fosfora predstavlja glavni faktor u sprječavanju stresa mikoriziranih biljaka u zaslanjenim tlima. Iako salinitet utječe na smanjen razvoj biljaka, vegetativni rast se povećava kod mikoriziranih biljaka (Belew i sur., 2010.).

#### 4.2.3.3. Teški metali

Arbuskularno - mikorizne gljive, otporne na teške metale, izolirane su iz zagađenih tala i kao takve su otpornije na teške metale, nego one iz nezagađenih tala (del Val i sur., 1999.). AM gljive imaju različite strategije u borbi protiv štetnog utjecaja teških metala i veliki broj znanstvenika istražuje tu otpornost.

Mikorizne gljive u simbiozi s biljkama mogu na tlima bogatim teškim metalima (npr. Ni) utjecati na fitoremedijacijske strategije čišćenja tala od teških metala (Göhre i Paszkowski, 2006.). Također, osim boljeg usvajanja fosfora i dušika preko micelija, gljive imaju i puferni efekt kod pojave kadmija te tako reduciraju toksičnost izazvanu kadmijem (Rivera-Becerril i sur., 2002.). Imobilizacija metala u biomasi gljive glavni je mehanizam kojim AM biljke mogu povećati toleranciju na teške metale.




Slika 7. Razlike u razvoju između mikorizirane i nemikorizirane sadnice vinove loze (https://www.naturalorganicwarehouse.com)

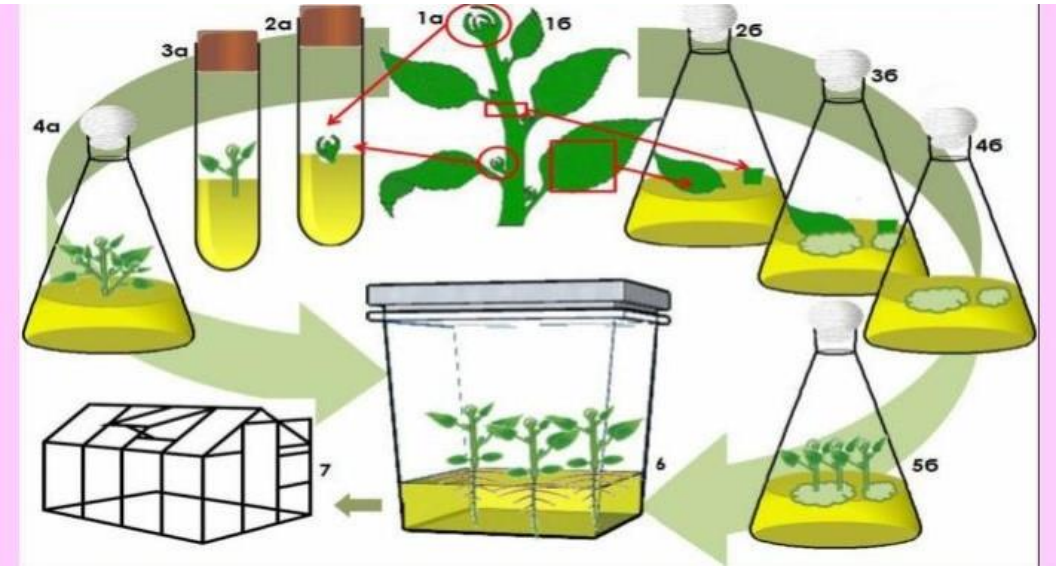
## 5. MIKROPROPAGACIJA

Mikropropagacija je metoda brzog razmnožavanja na umjetnoj hranjivoj podlozi u in vitro uvjetima. Zbog postizanja kontroliranih vanjskih uvjeta, ova metoda je brzo postala sve prihvaćenija jer se proizvodi sadni materijal koji je očišćen od bakterija, virusa, gljiva i drugih patogena te na taj način se utječe na povećanje kvalitete i kvantitete sadnog materijala (Šutina, 1977.).

Najveći problem kod sadnog materijala proizvedenog mikropropagacijom je proces aklimatizacije. To je proces prilagođavanja biljaka vanjskim uvjetima okoline. Prilikom tog procesa veliki broj biljaka ugiba zbog prevelikog stresa izazvanog naglom promjenom agroekoloških uvjeta. Jedan od načina savladavanja aklimatizacije je inokulacija sadnog materijala mikoriznim gljivama.

Krishna i suradnici (2005.) vršili su biokemijsku analizu na biljčicama dobivenim mikropropagacijom i inokuliranim AM gljivama tijekom procesa aklimatizacije. Kemijske analize biljne tvari vinove loze pokazale su da inokulacija mikoriznim gljivama, prilikom

aklimatizacije, rezultira akumulacijom klorofila, karotenoida, prolina, fenola i enzima kao polifenol oksidaza ili nitrat reduktaza (NADPH) (Krishna i sur., 2005.). Mikorizirane biljčice pokazale su poboljšano preživljavanje i povećanu toleranciju na stres prilikom privikavanja na vanjske uvjete. Mikorizirane biljke su imale i poboljšan fiziološki i nutritivni status, viši relativni sadržaj vode i veću stopu fotosinteteze (Krishna, 2005.). Mikorizirane biljke su usvojile i veći sadržaj dušika, fosfora, magnezija i željeza, što prvenstveno može biti biokemijska promjena koja je izazvana mikoriznom simbiozom (Krishna, 2005.).




Slika 8. Mikropropagacija u užem i širem smislu
(http://image1.slideserve.com/2955262/mikropropagacija-u-u-em-i-irem-smislu-n.jpg)

Lijevo u užem smislu: 1a - sakupljanje bočnih i vršnih pupoljaka; 2a – uvođenje pupoljaka u kulturu; 3a – rast izdanaka; 4a – multiplikacija izdanaka; 6 – oživljavanje izdanaka; 7 – adaptacija u stakleniku

Desno u širem smislu su osnovni koraci razmnožavaja *in vitro* putem regeneracije izdanka iz kalusa: 16 – izoliranje dijelova listova i stabla kao primarnih eksplantata; 26 – uvođenje eskplantata u kulturu; 36 – indukcija kalusana eksplantatima; 46 – kultura nediferenciranih kalusa; 56 – indukcija izdanka u kalusu; 6 – oživljavanje izdanaka; 7 – adaptacija u stakleniku

# 6. ZAKLJUČAK

Kako u svijetu sve više dolazi do povećanja broja stanovnika koje treba prehraniti tj potrebe za hranom su sve veće, a uvjeti za njezinu proizvodnju sve lošiji. Naime, poljoprivrednici su ograničeni poljoprivrednim površinama što je dovelo do intenzivne poljoprivrede koja rezultira iznošenjem velikih količina nutrijenata iz tla. Uz to, unošenje velikih količina mineralnih gnojiva te povećano tretiranje s pesticidima dovelo je do jačeg zakiseljavanja i degradacije tla. Takvi uvjeti u tlu su nepovoljni i za razvoj mikrobiološke aktivnosti koja je neophodna za poljoprivrednu proizvodnju.

Iz tog razloga mikorize igraju bitnu ulogu u savladavanju stresnih uvjeta okoline i podižu produktivnost biljaka te konkurentnost poljoprivrednih gospodarstava. Najbolji utjecaj mikoriza pokazao se u siromašnim tlima s niskim sadržajem vode i hranjivih tvari; u slanim tlima te tlima s niskim pH i tlima bogatim teškim metalima. Zbog needuciranosti poljoprivrednika, ali i zbog ne obavljanja kemijskih analiza tla, voćnjaci i vinogradi su sve siromašniji hranjivim tvarima. Zbog lošijih klimatskih uvjeta voćnjaci su često i siromašni vodom, a oni koji su navodnjavani bogati su teškim metalima. U takvim uvjetima mikoriza igra vrlo važnu ulogu u poboljšanju usvajanja hranjivih tvari i vode te sprječavanju stresa izazvanog teškim metalima i solima. Hife gljiva su sitnije od korijenovih dlačica te prodiru dublje u sitnije pore tla gdje korijenove dlačice ne mogu doći, što omogućava bolje usvajanje teško dostupne vode i hranjivih tvari. Također, hife prodiru u područje tla izvan dosega korijenovog sustava te osiguravaju bolju ishranjenost biljke. U slanim tlima voćke reagiraju izduživanjem korijena koji prodire u dublje slojeve tla i na taj način lakše usvaja vodu i hranjive tvari. U tlima s visokim sadržajem teških metala mikoriza je pokazala pozitivan učinak. Glavno djelovanje mikorize ogleda se u imobilizaciji velike količine raznih teških metala prisutnih u tlu. Osim usvajanja veće količine fosfora i dušika, gljive djeluje puferno prema nekim teškim metalima i time sprječavaju moguću toksičnost. Obradom dostupne literature može se zaključiti da je utjecaj mikorize pozitivan na gotovo sve voćne vrste. Pregledom i obradom dostupne znanstvene literature možemo zaključiti da mikoriza predstavlja bitan segment u proizvodnji poljoprivrednih proizvoda i održavanju biljnih vrsta u stresnim uvijetima.

# 7. POPIS LITERATURE


1. Smith, S. E., Read, D. J. (2008.): Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London.
2. Smith, S.E., Read, D.J. (2008.): Mycorrhizal Symbiosis. Third Edition, 3rd edn. Academic Press, London.
3. Beijerinck, M.W. (1888.): Die Bacterian der Papilionaceen – knollchen. Botanische Zeitung. 46:797-804.
4. Callaham, D., Del Tredici, P., Torrey, J.G. (1978.): Isolation and cultivation in vitro of the actinomycete causing root nodulation in Comptonia. Science, 199: 899-902.
5. Mukerji, K.G., Chamola, B.P., Singh, J. (2000.): Mycorrhizal Biology. Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York.
6. Čolić, S. (2013.)Nevjerojatno otkriće – biljni svijet komunicira preko vlastite podzemne mreže.
   Dostupno na: http://alternativa-za-vas.com/index.php/clanak/article/mikoriza/
7. Bugarčić, S. (2015.) Tlo i mikorizne gljive. Dostupno na: http://www.zdravasrbija.com/lat/Zemlja/Povrtarstvo/2041-Tlo-imikorizne-gljive.php/
8. Gluhić, D. (2014.) Mikoriza – kompatibilnost biljnih vrsta. Dostupno na: http://www.gnojidba.info/mikoriza-2/mikoriza-kompatibilnost-biljnihvrsta/
9. Nicolson, T.H. (1967.): Vesicular – arbuscular mycorrhiza – universal plant symbiosis. Sci. Prog., Oxford 55:561-581.
10. Mukerji, K.G., Sabharwal, A., Kochar, B., Ardey, J. (1984.): Vesicular – arbuscular mycorrhizae: Concept and advances, in: Progress in Microbial Ecology, K.G. Mukerji, V.P. Agnihotri and R.P. Singh, eds., Print House, Lucknow, India, 489.525.
11. Brundrett, M.F., Piche, Y., Peterson, R.L. (1985): A developmental study of the early stages in vesicular-arbuscular mycorrhiza formation. Can.J.Bot. 63.194.
12. Scaler, P., Peterson, R.L. (1991.): Structure and development of Pinus banksiana Wilcoxect endomycorrhizas, Can. J. Bot. 69:2135-2145.
13. Wilcox, H.E. (1971.): Morphology of ectendomycorrhiza in Pinus resinosa, in: Mycorrhiza, E. Hacskaylo, ed., USDA Miscellaneous Publications, 54-68.

14. Piche, Y., Ackerley, C.A., Peterson, R.H. (1986.): Structural characteristics of ectendomycorrhizas synthesised between roots of Pinus resinosa and E – strain fungus, Wilcoxina mikolae var mikolae. New Phytol. 104:447-452
15. Picone, C. (2002.): Tropical Agroecosystems. Chapter 4: Managing Mycorrhizae for Sustainable Agriculture in the Tropics. Crc press.
16. Marschner, H., Dell, B. (1994.): Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil, 159:89-102.
17. Diederichs, C., Moawad, A.M. (1993.): The potential of VA mycorrhizae for plant nutrition in the tropics. Angew. Bot., 67:91-96.
18. Sieverding, E. (1991.): Ecology of VAM fungi in tropical agrosystems. Agric. Ecosys. Environ., 29:369-390.
19. Saif, S.R. (1987.): Growth- responses of tropical forage plant species to vesicular – arbuscular mycorrhizae. 1. Growth, mineral uptake and mycorrhizal dependency, Plant Soil, 97:25-35.
20. Miller, R., Jastrow, J. (1990.): Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil aggregation. Soil Biol. Biochem., 22:579-584.
21. Sanchez, P.A. (1976.): Properties and Management of Soils in the Tropics. John Wiley & Sons, New York.
22. Koslowsky, S.D., Boerner, R.E.J. (1989.): Interactive effects of aluminum, phosphorus and mycorrhizae on growth and nutrient uptake of Panicum virgatum L. (Poaceae). Environ. Pollut., 61:107-125.
23. Kaldorf, M. i sur. (1999.): Selective element deposits in maize colonized by a heavy metal tolerance conferring arbuscular mycorrhizal fungus. J.Plant.Physiol., 154:718-728.
24. Azcon-Aguilar, C., Barea, J.M. (1996.): Arbuscular mycorrhizas and biological control of soilborne plant pathogens – an overview of the mechanisms involved. Mycorrhiza, 6:457-464.
25. Grime, J.P. i sur. (1987.): Floristic diversity in a model system using experimental microcosms. Nature, 328:420-422.
26. Jordan, N.R., Zhang, J., Huerd, S. (2000.): Arbuscular – mycorrhizal fungi: potential roles in weed management. Weed Res., 40:397-410.

27. Francis, R., Read, D.J. (1995.): Mutualism and antagonism in the mycorrhizal symbiosis, with special reference to impacts on plant community structure. Can. J. Bot., 73:S1301-S1309.
28. Harrison, M.J. (1999.): Molecular and cellular aspects of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol. 50:361–389.
29. Gärtel. W. (1965.): Über den diagnostischen Wert des Blattanalyse bei der Identifizierung von Ernährungsstörungen bei Reben. Vignes. Vins. 138:25–29.
30. Jackson, R.S. (2014.): Wine science: principle and applications. Science, Elsevier.
31. Champagnol, F. (1978.): Quelques problemes des vignobles des sables littoraux mediterraneens. Progres Agricole et Viticole.
32. Cook, J.A., Ward, W.R., Wicks, A.S. (1983.): Phosphorus deficiency in California vineyards. Calif. Agric.
33. Whiteside, M.D., Digman, M.A., Gratton, E., Treseder, K.K. (2012.): Organic nitrogen uptake by arbuscular mycorrhizal fungi in a boreal forest. Soil Biol. Biolchem., 55: 10 – 16
34. Talbot, J.M., Treseder, K.K. (2010.): Controls over mycorrhizal uptake of organic nitrogen. Sciencedirect. Pedobiologija, 169 – 179.
35. Hodge, A., Champbell, C.D., Fitter, A.H. (2001.): An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. Nature 413, 297-299.
36. Karagiannidis, N., Nikolaou, N., Ipsilantis, I., Zioziou, E. (2007.): Effects of different N fertilizers on the activity of Glomus mosseae and on grapevine nutrition and berry composition. Mycorrhiza, 18:43–50.
37. Hodge, A., Fitter, A.H. (2010.): Substantial nitrogen acquisition by arbuscular mycorrhizal fungi from organic material has implications for N cycling. Proc. Natl. Acad.Sci.USA107:13754–13759. doi:10.1073/pnas.1005874107//DCSupplemental.
38. Donkó, Á., Zanathy, G., Èros-Honti, Z. i sur. (2014.): Changes of mycorrhizal colonization along moist gradient in a vineyard of Eger (Hungary). Acta Univ. Sap. Agric. Environ. doi:10.2478/ausae-2014-0008.

39. Belew, D., Astatkie, T., Mokashi, M.N. (2010.): Effects of salinity and mycorrhizal inoculation (Glomus fasiculatum) on growth responses of grape Rootstocks (Vitis spp.). South. Afr. J. Enol. Vitic. 31:82–87.
40. Hasegawa, K., Matsushita, M., Kitajima, A. (2000.): Effect of trunk strapping time on fruit set and quality in Persimmon cv. Matsumotowase fuyu, II International Persimmon.
41. García, I.V., Mendoza, R.E. (2007.): Arbuscular mycorrhizal fungi and plant symbiosis in a saline-sodic soil. Mycorrhiza 17:167–174.
42. Shannon, M.C., Grieve, C.M. (1998.): Tolerance of vegetable crops to salinity. Sci. Horticult. -Amsterdam 78:5–38.
43. Göhre. V., Paszkowski, U. (2006.): Contribution of the arbuscular mycorrhizal symbiosis to heavy metal phytoremediation. Planta. 223:1115–1122.
44. Rivera-Becerril, F., Calantzis, C., Turnau, K. i sur. (2002.): Cadmium accumulation and buffering of cadmium-induced stress by arbuscular in three Pisum sativum L. genotypes. J. Exp. Bot. 53:1177–1185.
45. Šutina (Pavlina), R. (1977.): Kultura vegetacijskog vrška karanfila u uvjetima in vitro. Magistarski rad. Agronomski fakultet Zagreb, 1-77.
46. Krishna, H., Singh, S.K., Sharma, R.R., Khawale, R.N., Grover, M., Patel V.B. (2005.): Biochemical changes in micropropagated grape (Vitis vinifera L.) plantlets due to arbuscular-mycorrhizal fungi (AMF) inoculation during ex vitro acclimatization. Scientia Horticulturae. Volume 106, Issue 4, 554–567.

# 8. SAŽETAK

Brojim znanstvenim istraživanjima potvrđena je činjenica kako je mikoriza izuzetno korisna simbioza korijena viših biljaka i gljive. Zbog različitosti u morfologiji dijeli se na ektomikorizu i endomikorizu, pri čemu ektomikoriza formira micelij izvan staničja korijena, a endomikoriza unutar staničja. Takav odnos korijena i biljke ima veliki broj pozitivnih učinaka koji se najbolje ogledaju u siromašnim tlima i stresnim uvjetima. Kako se dugotrajni nasadi često podižu na siromašnim tlima, mikoriza može biti i neophodna za održivu poljoprivrednu proizvodnju. U siromašnim tlima ona utječe na pojačano usvajanje mineralnih tvari, a najviše fosfora. Također, utječe i na poboljšano usvajanje vode u tlima s niskim sadržajem iste. Ova dva najbitnija učinka su posljedica znatno veće biomase korijenovog sustava, ali i sposobnosti gljive da hifama prodire u sitnije kapilare u koje korijenove dlačice ne mogu. Ta dva učinka indirektno rezultiraju boljom tolerancijom biljaka na stresne agroekološke uvjete, kao što su niske i visoke temperature, salinitet, pH tla i zagađenje zraka. Bitna uloga mikorize je i sprječavanje usvajanja teških metala, što je vrlo značajno u konvencionalnoj proizvodnji. Utječe i na sprječavanje pojave zemljišnih patogena. Može se zaljučiti da mikoriza može biti ključ proizvodnje u održivoj poljoprivredi. Financijski je vrlo dostupna, smanjuje uporabu skupih mineralnih gnojiva i pesticida, te osigurava biljci povoljan balans hranjiva i vode, što može biti od presudne važnosti kod vinove loze.

**Ključne riječi**: simbioza, mikoriza, mikorizne gljive, trajni nasadi – vinova loza

# 9. ABSTRACT

Numerous scientific researches confirm the fact that mycorrhiza is a highly useful symbiosis between roots and fungi. Due to differences in morphology, it is divided into ectomycorrhiza and endomycorrhiza. Endomycorrhiza forms mycellium inside the root tissue and ectomycorrhiza out of the tissue. Such root and fungi association have a large number of positive effects, which are best reflected in poor soils and stress conditions. As the orchards are often planted on poor soils, mycorrhiza may also be necessary for sustainable agriculture. In poor soils it affects the absorption of mineral substances, and most phosphorus. It also contributes to improve water absorption in soils with low content of available water. These two most important effects are a consequence of significantly greater root system biomass but also the ability of fungi to penetrate the hyphae into the smaller soil capillaries in which the root can't penetrate. These two effects indirectly results in better tolerance of plants to stress agroecological conditions such as low and high temperatures, salinity, soil pH and air pollution. The important role od mycorrhiza is to prevent the uptake od heavy metals, which is very important in conventional production. It also affects the prevention of the soil pathogenes. It can be assumed that mycorrhiza can be the key in sustainable agriculture production. It is financially achievable, it reduces the use of expensive mineral fertilizers and pesticides, and provides the plants with favorable balance of nutrients and water, which can be of crucial importance to vines.

**Key words**: symbiosis, mycorrhiza, mycorrhizal fungi, permanent crops - grape vines

## 10. POPIS SLIKA

**Slika 1.** Prikaz endomikorize
(http://image1.slideserve.com/3550045/endomikoriza-n.jpg)

**Slika 2.** Prikaz vezikularko arbuskularne mikorize
(http://4.bp.blogspot.com/_dpPjAcpKgtE/TQM3PJaSf-I/AAAAAAAABQ4/8UGsmkQ3xtU/s1600/mikoriza%2B007.jpg)

**Slika 3.** Presjek ektomikorize
(https://userscontent2.emaze.com/images/c7a9cd3b-a669-42bf-bcf2-659e9fe66049/7c64cab46b2b57dc2828cc47924b3f57.png/)

**Slika 4.** Poprečni presjek ektomikorize i endomikorize
(http://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odg-slike/odg443-1.jpg/)
(http://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odg-slike/odg443-5.jpg/)

**Slika 5.** Prikaz ektomikorize i endomikorize
(http://lh5.ggpht.com/-pSAVskwfDzc/UbKfY-WTqmI/AAAAAAAAAgQ/Z9cXb1_aJh4/image_thumb.png?imgmax=800/)

**Slika 6.** Razlike u razvoju između mikoriziranog i nemikoriziranog nasada vinove loze
(http://www.savjetodavna.hr/adminmax/images/image002.jpg
http://www.savjetodavna.hr/adminmax/images/image003(1).jpg)

**Slika 7.** Razlike u razvoju između mikorizirane i nemikorizirane sadnice vinove loze
(https://www.naturalorganicwarehouse.com)

**Slika 8.** Mikropropagacija u užem i širem smislu
(http://image1.slideserve.com/2955262/mikropropagacija-u-u-em-i-irem-smislu-n.jpg)

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

**Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku**

**Poljoprivredni fakultet u Osijeku** **Diplomski rad**

**Sveučilišni diplomski studij Voćarstvo, vinogradarstvo i vinarstvo, smjer Vinogradarstvo i vinarstvo**

PRIMJENA MIKORIZNIH GLJIVA KOD VINOVE LOZE

Ivan Razumović

**SAŽETAK**

Brojim znanstvenim istraživanjima potvrđena je činjenica kako je mikoriza izuzetno korisna simbioza korijena viših biljaka i gljive. Zbog različitosti u morfologiji dijeli se na ektomikorizu i endomikorizu, pri čemu ektomikoriza formira micelij izvan staničja korijena, a endomikoriza unutar staničja. Takav odnos korijena i biljke ima veliki broj pozitivnih učinaka koji se najbolje ogledaju u siromašnim tlima i stresnim uvjetima. Kako se dugotrajni nasadi često podižu na siromašnim tlima, mikoriza može biti i neophodna za održivu poljoprivrednu proizvodnju. U siromašnim tlima ona utječe na pojačano usvajanje mineralnih tvari, a najviše fosfora. Također, utječe i na poboljšano usvajanje vode u tlima s niskim sadržajem iste. Ova dva najbitnija učinka su posljedica znatno veće biomase korijenovog sustava, ali i sposobnosti gljive da hifama prodire u sitnije kapilare u koje korijenove dlačice ne mogu. Ta dva učinka indirektno rezultiraju boljom tolerancijom biljaka na stresne agroekološke uvjete, kao što su niske i visoke temperature, salinitet, pH tla i zagađenje zraka. Bitna uloga mikorize je i sprječavanje usvajanja teških metala, što je vrlo značajno u konvencionalnoj proizvodnji. Utječe i na sprječavanje pojave zemljišnih patogena. Može se zaljučiti da mikoriza može biti ključ proizvodnje u održivoj poljoprivredi. Financijski je vrlo dostupna, smanjuje uporabu skupih mineralnih gnojiva i pesticida, te osigurava biljci povoljan balans hranjiva i vode, što može biti od presudne važnosti kod vinove loze.

**Rad je izrađen pri**: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

**Mentor**: Prof.dr.sc. Suzana Kristek

**Broj stranica**: 31

**Broj slika i grafikona**: 8

**Ključne riječi**: simbioza, mikoriza, mikorizne gljive, trajni nasadi – vinova loza

**Broj literaturnih navoda**: 46

**Jezik izvornika**: Hrvatski

**Datum obrane**:

**Stručno povjerenstvo za obranu**:

1. Izv.prof.dr.sc. Drago Bešlo, predsjednik
2. Prof.dr.sc. Suzana Kristek, mentor
3. Izv.prof.dr.sc. Sanda Rašić, član
4. Prof.dr.sc. Sanda Rašić, zamjenski član

Zapisničar: Jurica Jović, mag.ing.agr.

**Rad je pohranjen u**: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku,

Vladmira Preloga 1

**BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**

**Faculty of Agriculture in Osijek** **Graduate thesis**

**University Graduate Studies Fruit growing, viticulture and wine production, course viticulture and wine production**

# THE USE OF MYCORRHIZAL FUNGI AT VINES

Ivan Razumović

## ABSTRACT

Numerous scientific researches confirm the fact that mycorrhiza is a highly useful symbiosis between roots and fungi. Due to differences in morphology, it is divided into ectomycorrhiza and endomycorrhiza. Endomycorrhiza forms mycellium inside the root tissue and ectomycorrhiza out of the tissue. Such root and fungi association have a large number of positive effects, which are best reflected in poor soils and stress conditions. As the orchards are often planted on poor soils, mycorrhiza may also be necessary for sustainable agriculture. In poor soils it affects the absorption of mineral substances, and most phosphorus. It also contributes to improve water absorption in soils with low content of available water. These two most important effects are a consequence of significantly greater root system biomass but also the ability of fungi to penetrate the hyphae into the smaller soil capillaries in which the root can't penetrate. These two effects indirectly results in better tolerance of plants to stress agroecological conditions such as low and high temperatures, salinity, soil pH and air pollution. The important role od mycorrhiza is to prevent the uptake od heavy metals, which is very important in conventional production. It also affects the prevention of the soil pathogenes. It can be assumed that mycorrhiza can be the key in sustainable agriculture production. It is financially achievable, it reduces the use of expensive mineral fertilizers and pesticides, and provides the plants with favorable balance of nutrients and water, which can be of crucial importance to vines.

**Thesis performed at**: Faculty of Agriculture in Osijek

**Mentor**: Prof.dr.sc. Suzana Kristek

**Number of pages**: 31

**Numbers of figures**: 8

**Key words**: symbiosis, mycorrhiza, mycorrhizal fungi, permanent crops - grape vines

**Thesis defended on date**:

**Reviewers:**

1. Izv.prof.dr.sc. Drago Bešlo, predsjednik
2. Prof.dr.sc. Suzana Kristek, mentor
3. Izv.prof.dr.sc. Sanda Rašić, član
4. Prof.dr.sc. Sanda Rašić, zamjenski član

Zapisničar: Jurica Jović, mag.ing.agr.

**Thesis deposited at**: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer

University of Osijek, Vladimira Preloga 1