

## Arbuskularna mikoriza i maslina

### Sažetak

Arbuskularna mikoriza je simbiozni odnos pri kojem gljiva prodire u stanice korteksa korijena vaskularne biljke. Selekcija prikladnog soja gljiva, koja ovisi o uzgajanoj kulturi, jedan je od najvažnijih faktora za ostvarivanje uspješne arbuskularne mikorize. Jednom kada se ostvari uspješan simbiozni odnos, koji na određeni način predstavlja most između korijena biljke i tla, dolazi do pozitivnog utjecaja na prinos kao i na kvalitetu maslinova ulja. Dosadašnja istraživanja su potvrdila kako arbuskularna mikoriza može pozitivno utjecati na ishranjenost i poboljšano zdravstveno stanje masline, prinos plodova kao i na kemijski sastav maslinovog ulja. Ovakva saznanja omogućuju poboljšanje te moduliranje različitih parametara proizvodnje u maslinarstvu.

**Ključne riječi:** arbuskularna mikoriza, *Glomus*, maslina, maslinovo ulje

### Uvod

Maslina je izražena mikotrofna biljna vrsta (Roldan Fajardo i Barea 1986) za čijom proizvodnjom raste interes zbog osviještenosti potrošača o nutritivnoj vrijednosti maslinovog ulja. Za proizvodnju maslina značajne su endomikorize, i to podgrupa nazvana arbuskularne mikorize (AM). Arbuskularne mikorizne gljive predstavljaju most između biljke i hranjiva iz tla, stoga raste interes za njihovu upotrebu kao biljnih fertilizatora. Ove gljive su obligatorni simbioti koji pripadaju koljenu *Glomeromycota* (Schüßler i sur., 2001) te stvaraju simbioze sa oko 80% kopnenih biljnih vrsta na način da gljiva prodire u stanice korteksa korijena pri čemu nastaju karakteristične arbuskule i/ili vezikule.

Mikozne gljive se hrane biljnim nusproduktima, a biljkama olakšavaju unos hranjiva i vode. Utječu i na smanjenje vodnog stresa kao i veću otpornost na patogene organizme. Kako se masline uglavnom uzgajaju u sušnim područjima, uzgojem mikoriznih maslina mogu se iskoristiti erodirajuća i semiaridna područja koja inače nisu primjerena za poljoprivrednu proizvodnju. Međutim, rezultat kolonizacije je nepredvidiv zbog razlika u efektivnosti mikorize koja ovisi o kombinaciji varijeteta masline i fungalnog soja mikorizne gljive, kompeticiji selektiranog fungalnog soja sa ostalim mikororganizmima tla kao i nizu drugih čimbenika. Zbog brojnih pozitivnih strana ovakvog simbiotskog odnosa, intenzivno se istražuju mogućnosti iskorištavanja mikoriznih asocijacija u maslinarstvu.

### Identifikacija autohtonih sojeva arbuskularnih gljiva

Ključni korak u istraživanju autohtonih arbuskularnih mikoriznih sojeva je njihova identifikacija i kvantifikacija.

Vierheiligen i sur. (2005) navode dostupne spektrofotometrijske metode njihove detekcije i kvantifikacije te *in vivo* opažanje strukture gljiva u korijenovom sustavu. U nedestruktivne metode kvantifikacije navode svjetlosnu mikroskopiju (nativnih i obojanih AM struktura), epi-

<sup>1</sup> Ana Žgomba Maksimović, mag. ing. agr, prof. dr. sc. Snježana Bolarić, doc. dr. sc. Aleš Vokurka, doc. dr. sc. Kristina Batelja Lodeta, prof. dr. sc. Đani Benčić, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska (kbatelja@agr.hr)  
Autor za korespondenciju: kbatelja@agr.hr

fluorescencijsku mikroskopiju (kod neobojanog vijabilnog korijena detektira samo propadnute AM fungalne strukture) i konfokalnu lasersku pretraženu mikroskopiju (CLSM sa fluorokromom; vizualizacija fungalnih struktura u vijabilnom biljnom tkivu).

Destruktivne metode baziraju se na aktivnosti specifičnih enzima u cilju vizualizacije metabolički aktivnog tkiva (Vierheilige u sur., 2005).

U prošlosti je molekularna karakterizacija reda *Glomales* bila ograničena (Hijri i sur., 1999), no već više od 20 godina rRNA se rutinski koristi za istraživanja filogenetskih odnosa između AM gljiva (Schwarzott i Schüßler, 2001; Calvente i sur., 2004). Jedan od razloga uspješnosti filogenetskih istraživanja gljiva baziranih na rRNA leži u lakoći dizajniranja početnica.

U svakodnevnoj su upotrebi različite molekularne metode istraživanja bioraznolikosti mikoriznih gljiva koje se baziraju na PCR analizi visoko konzerviranih regija koje kodiraju ribosome, ITS regije (*internal transcribed spacer* - unutarnji transkribirani razmaknici) koje pokazuju određeni stupanj varijacije i IGS (*intergenic spacers*- intergeni razmak) koji su najvarijabilnije regije, nakon čega obično slijedi restriksijska analiza (RFLP) amplificiranih segmenata.

Najčešće korištena DNA u filogenetskim istraživanjima gljiva je ona smještena u ponavljajućim regijama rDNA u jezgri. Jedan od razloga česte korištenosti rDNA u filogenetskim istraživanjima jest taj što su ribosomske genske nakupine gljiva raspoređene u oko 200 uzastopnih ponavljanja. Zahvaljujući tome, svaka jezgra sadrži 200 ili više jednakih kopija regije što povećava šansu pronalaska netaknute kopije u uzorku koja se može upotrijebiti u molekularnim analizama. Još jedna prednost rDNA regija je ta što one nude mogućnost uspoređivanja na mnogim taksonomskim razinama. Unutar rDNA ponavljanja nalaze se 3 kodirajuća gena (18S, 5.8S i 28S) i 2 razmaka (ITS 1 i ITS 2), dok se treći razmak (IGS) nalazi između parova ponavljanja. Visoko konzervirani i opće prisutni 18S, 5.8S i 28S geni kodiraju rRNA molekule koje postaju strukturni dijelovi ribosoma i esencijalne su za sintezu proteina. Razmaci ITS 1 i ITS 2 su mnogo varijabilniji, a zbog izrezivanja njihovih transkripata, korisni su za taksonomsku usporedbu blisko srodnih vrsta i rodova. IGS razmak se ne transkribira i on je visoko varijabilan.

### Čimbenici efektivnosti mikorize

Na kolonizaciju korijena utječu brojni faktori poput temperature, svjetlosti i dostupnosti nutrijenata (naročito fosfora). Iako su takva istraživanja na maslinama ograničena, istraživanja na drugim biljnim vrstama su utvrdila utjecaj visokih i niskih temperatura na intenzitet i efikasnost mikoriznih simbioza. U istraživanju Baona (1994) dokazano je da pri temperaturi od 15 °C dolazi do kolonizacije ječma sa vrstom *Glomus etunicatum*, ista izostaje pri temperaturi od 10 °C. Wu i Zou (2010) ističu da je kod mandarine na umjerenim temperaturama mikoriza imala pozitivan učinak u, dok su na niskim temperaturama pozitivni učinci formiranih mikoriza zanemarivi.

Kod visokih temperatura, kolonizacija korijena je smanjena kada temperature prijeđu 30 °C (Bowen 1987), a za AM gljive temperatura veća od 40 °C djeluje letalno (Bendavid-Val i sur., 1997).

Stvaranje mikoriznih simbioznih odnosa može ograničavati i visoka koncentracija fosfora u tlu. Kod vrste *Trifolium subterraneum* dodavanje fosfora u količini dovoljnoj za maksimalan rast smanjilo je kolonizacije korijena za 21% (sa 74 % na 53 %). Potvrđeno je kako ograničavajući učinak na stvaranje učinkovitih simbioznih odnosa može imati i preniska koncentracija fosfora u tlu, a u takvom slučaju dodatak niskih koncentracija fosfora može djelovati stimulatивно (Bolan i sur., 1984). Sanders (1975) sugerira da zbog inhibirajućeg efekta fosfora iz tla dolazi do inhibicije rasta hifa što su i potvrdili i De Miranda i sur. (1989).

Osim fosfora, Nouri i sur. (2014) su istražili utjecaj drugih elemenata iz tla na sposobnost stvaranja simbioznih odnosa između AM gljiva i biljaka, pritom koristeći biljne vrste *Petunia hybrida* i *Rhizophagus irregularis* kao simbiozni model. Rezultati su potvrdili kako dostupnost

fosfora i nitrata u tlu može djelovati kao ograničavajući čimbenik nastanka AM, dok sulfati,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  i  $Fe^{3+}$  nemaju utjecaja. Nedostatak određenih nutrijenata, naročito nitrata, potiče stvaranje AM i može poništiti negativan utjecaj visoke koncentracije fosfora. Kalij se u tlu nalazi u velikim koncentracijama, međutim snažna mineralna adsorpcija uvelike ograničava njegovu dostupnost biljkama.

Garcia i Zimmermann (2014) ističu kako kalij kojeg je biljka dobila putem AM simbioze može korelirati sa tolerancijom biljke na abiotički stres poput visokog saliniteta tla i suše.

Daft i El Giahmi (1978) zaključili su da do smanjenja stope kolonizacije može dovesti defolijacija i ograničeno izlaganje svjetlu, dok je Hayman (1974) ukazao da je kolonizacija veća kod većeg intenziteta svjetla što je korelirano sa povećanom koncentracijom šećera u korijenu.

Na utjecaj kolonizacije korijena utječe tip tla i način obrade tla (Chatzistathis i sur. 2013). Wang i sur. (2015) su analizirali utjecaj tala različite namjene na raznolikost arbuskularnih mikoriza. Rezultati istraživanja ukazuju na to da su sadržaj ukupnog dušika, organske tvari u tlu i dostupnog dušika najvažniji čimbenici koji utječu na arbuskulano mikorizne zajednice, a određeni filotipovi su bili usko povezani sa određenim kemijskim svojstvima, odnosno, AM zajednice su različite u tlima različite namjene.

Montes-Borrego i sur. (2014) su proveli iscrpno istraživanje strukture i raznolikosti AM zajednica u rizosferi maslina koristeći metode neovisne o kultivaciji (T-RFLP i amplikon 454 pirosekvenciranje). Najznačajniji faktori koji utječu na raznolikost takvih zajednica kod maslina su pH tla, tekstura tla, dostupnost biljnih nutrijenata te klimatske varijable. Rezultati ovog istraživanja snažno ukazuju na to da sastav AM zajednica kod maslina određuje primarno tip tla i klima, a u manjoj mjeri karakteristike biljke domaćina (starost, vegetativno stanje, genotip) ili poljoprivredna praksa. Nadalje, Nacer Mekahlia i sur. (2013) ističu da kolonizacija varira ovisno o klimatskoj zoni, odnosno češća je i intenzivnija u sub-humidnom klimatu. Ovakva i slična istraživanja raznolikosti AM sojeva su u fokusu znanstvenog interesa zbog velikih mogućnosti njihove primjene kao inokulanta u komercijalnom uzgoju maslina.

Brojna istraživanja su pokazala da AM utječu na bolje zdravstveno stanje biljke domaćina kroz niz čimbenika. Primjerice, mogu poboljšati rast biljke (Shokri i Maadi, 2009), smanjiti stres nakon presađivanja (Dag i sur., 2009), povećati toleranciju biljke na sušu (Marulanda i sur., 2007) i salinitet tla (Sheng i sur., 2009), pružiti zaštitu od bolesti i štetnika (Castillo i sur., 2006) kao i poboljšati toleranciju biljke na teške metale iz tla. Isto tako, neki od razloga smanjenog oboljenja kod mikoriznih biljaka su kompeticija AM gljiva za mjesto kolonizacije s patogenima, nutritivna stabilnost biljke koja omogućava bolju obranu od infekcije, tolerancija na simptome bolesti i to naročito na oštećenja korijena. Mikorizne gljive mogu stvarati i produkte s antimikrobnim djelovanjem.

U istraživanju, Porrás-Soriano i sur. (2009) su pokazali da je osmotski stres prouzročen dodatkom NaCl-a rezultirao skraćivanjem promjera stabljike, smanjenim brojem i dužinom izdanaka te smanjenim unosom nutrijenata. Kod koloniziranih biljaka navedeni negativni simptomi bili su ublaženi, odnosno, kolonizacija korijena masline mikoriznim gljivama je utjecala na poboljšavanje tolerancije na sol u vidu rasta masline i unosa nutrijenata.

U navedenom istraživanju je zbog povećanog saliniteta biomasa kod kontrolnih biljaka smanjena za 78 %, dok je kod mikoriznih maslina smanjena za 34 % što je vjerojatno rezultat povećanog unosa kalija koji ima značajnu ulogu u regulaciji osmotske ravnoteže.

Arbuskularne mikorize mogu utjecati na povećanje kapaciteta adsorpcije vode na način da povećavaju hidrauličku konduktivnost korijena i uspostavljaju osmotski balans (Al-Karaki i Clark, 1988). Zbog svega navedenog, razmatra se upotreba arbuskularnih mikoriza u cilju ozdravljenja slanih tala, a najviše pažnje je usmjereno na *Glomus* spp., budući da su vrste ovog roda najčešće pronađene u slanim tlima (Wang i sur., 2004).

Različita istraživanja su pokazala da AM utječu na ublažavanje vodenog stresa masline nastalog usred suše (Fouad i sur., 2014; Bompadre i sur., 2014), što je značajna karakteristika imajući na umu da se masline često uzgajaju u sušnim područjima.

Meddad-Hamza i sur. (2010) su istražili potencijal mikoriznih gljiva *Glomus mosseae* i *Glomus intraradices* izoliranih iz maslina u Alžiru, za stimulaciju rasta mikropropagiranih maslina te je uspoređena njihova sposobnost odupiranja stresu nakon presađivanja. U usporedbi s kontrolom koja je primala mineralna gnojiva, inokulirane biljke su pokazale bolji razvoj. Iako je *G. mosseae* imao nižu razinu kolonizacije u usporedbi s *G. intraradices*, jednako je utjecao na rast biljke, što ukazuje na to da uspješnost mikorize ne ovisi u tolikoj mjeri o kolonizaciji koliko o učinkovitosti fungalnog soja. Suprotno od kontrole, kod mikoriznih biljaka bio je favoriziran rast korijena u odnosu na nadzemne dijelove. Tjedan dana nakon presađivanja, kontrolna biljka je pokazivala reakciju na stres u vidu uvenuća te gubitka težine i lišća, dok su inokulirane biljke zadržale turbiditet i vigor. Ovakav rezultat se može objasniti razvijenijim korijenom u odnosu na nadzemne dijelove, koji je omogućio bolju izmjenu vode i nutrijenata između korjena i nadzemnih djelova te brži unos vode, čime je smanjen stres.

AM također mogu ograničavati biljne infekcije korijena izazvane od gljiva i nematoda. Palomares-Rius i sur. (2012) su istražili sastav i raznolikost nematoda koji parazitiraju na maslinama u Španjolskoj. Utvrdili su da na brojnost i raznolikost nematoda utječe sorta masline te način održavanja nasada. Na sastav nematodnih zajednica utjecali su sorta masline i tekstura tla, pH tla, udio pijeska, zamjenjivi kalij te maksimalne i minimalne temperature tla.

### Utjecaj AM na maslinu

Hife gljive su mnogo tanje od korijenja zbog čega mogu prodrijeti u manje pore tla te na taj način povećavaju volumen tla dostupan korijenu, opskrbljuju biljku nutrijentima i ublažavaju posljedice biotičkog i abiotičkog stresa, što su do sada potvrdila mnogobrojna istraživanja. Porras-Soriano i sur. (2009) ističu kako su presadnice masline inokulirane sa AM gljivama (*Glomus mosseae*, *Glomus intraradices* ili *Glomus claroideum*) imale veći rast i bolju sposobnost asimilacije dušika, fosfora i kalija u odnosu na kontrolnu- neinokuliranu biljku. Troncoso (2008) je utvrdio kako su presadnice masline dobivene *in vitro* razmnožavanjem inokulirane sa *Glomus intraradices*, imale bolji postotak preživljavanja nakon presađivanja, a nakon 180 dana trostruko povećanje biljne mase, povećanje suhe tvari i visine biljke.

Arbuskularne mikorize utječu na prilagodbu biljke na tla bogata manganom na način da imobiliziraju mangan u korijenju sprječavajući pritom njegov transport u ostale biljne dijelove te pomažući biljci da unese fosfor što djeluje pozitivno na zdravstveno stanje biljke.

Nogueira i sur. (2007) kao i Zhu i sur. (2002) navode kako unos fosfora od strane biljke interferira sa unosom i/ili translokacijom mangana iz korijena do stabljike. Briccoli Bati i sur. (2015) su istražili ulogu AM gljiva u pristupačnosti makroelemenata i mikroelemenata mladim maslinama uzgojenima u lončanicama na tlu koje sadrži visoke koncentracije mangana.

Sorte maslina 'Ascolana tenera', 'Nocellara del Belice' i 'Carolea' bile su inokulirane sa komercijalnim i autohtonim sojevima. Neovisno o sorti i soju gljiva, koncentracija fosfora kod inokuliranih biljaka je bila dvostruka u odnosu na neinokulirane. Također, kod inokulirane biljka zabilježen je višestruko veći prirast (1,7 – 5 puta). U ovom istraživanju dokazano je kako su AM gljive djelovale zaštitnički prema biljci obzirom na visoke koncentracije mangana u tlu što je rezultat 'razrjeđenja' mangana u biljnom tkivu budući da su inokulirane masline imale veću biomasu te je zbog imobilizacije unos i transport mangana bio ograničen. Iako je najvjerojatnije da će uspješan simbiozni odnos uspostaviti autohtoni, prirodno prisutni sojevi, Estaún i sur. (2003) navode kako je inokulacija prije sadnje u polje sa *Glomus intraradices* sojem pokazala bolje rezultate u vidu biljnog rasta na sorti 'Arbequini' od *G. mosseae* i od autohtonih AM sojeva.

Također, navode kako je inokulacija u vrijeme sadnje potpomogla rani rast i razvoj biljke, dok se taj efekt tijekom vremena smanjio što pripisuju postepenom kolonizacijom biljke kompetitivnijim autohtonim (prirodno prisutnim) sojevima.

AM utječe na kvalitetu i prinos maslinovog ulja. Kapulnik i sur. (2010) u svom su istraživanju pokazali da je sorta masline 'Barnea' inokulirana sa sojem *Glomus intradices* pokazao imala povećani prinos za 2,8 puta, a kod inokulacije sa mješavinom sojeva *Glomus intradices* i *Glomus mosseae* povećanje prinosa je bilo za osam puta veće u odnosu na neinokuliranu kontrolu. Sličan trend je primijećen i kod sorte 'Picual'. Kod obje navedene sorte u istraživanju inokulacija sa mješavinom sojeva rezultirala povećanjem prinosa u odnosu na kontrolu.

U istraživanju utjecaja AM na kemijski sastav maslinovog ulja, Kara i sur. (2015) ističu da je kod plodova inokulirane masline zabilježena veća razina akumuliranih hidroksitirozola i p – hidroksibenzoične kiseline, a manja razina vanilina, dimetil-oleuropeina i luteolina. Razina sekoiridoidnih aglikona je kod ulja proizvedenog od inokuliranih maslina bila niža. Uočene su razlike u razini fenola kod ploda i ulja – koncentracija hidroksitirozola je kod ploda porasla, dok je koncentracija verbaskozida (sekundarni konjugat hidroksitirozola) opadala u ulju inokuliranih maslina. Proizvođači komercijalno dostupnih AM sojeva navode kako je analiza maslinovog ulja dobivenog od maslina inokuliranih sa njima pokazala da takvo ulje ima veći sadržaj mononezasićenih kiselina i 3  $\alpha$  kiselina u odnosu na neinokuliranu kontrolu, a također je i koncentracija vitamina D bila veća.

## Zaključak

Korištenje AM u uzgoju maslina pridonosi povoljnom utjecaju na ekosustav poboljšavajući strukturu tla poticanjem agregacije, utječu na bolju pristupačnost makroelemenata i mikroelemenata kao i na bolju ishranjenost i zdravstveno stanje stabilnost maslina, kao i prinos i kakvoću ulja.

## Literatura

- Al-Karaki, G.N., Clark, R.B. (1998) Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. *Journal of Plant Nutrition*, 21(2):263-276. DOI: 10.1080/01904169809365401
- Baon, J.B. (1994) *The role of mycorrhizas in the assessment of phosphorus efficiency in cereals*. Doktorska disertacija. Adelaide: University of Adelaide.
- Baon, J.B., Smith, S.E., Alston, A.M., Wheeler, R.D. (1992) Phosphorus efficiency of three cereals as related to indigenous mycorrhizal infection. *Australian Journal of Agricultural Research*, 43: 479-491. DOI: 10.1071/AR9920479
- Bendavid-Val, R., Rabinowitch, H.D., Katan, J., Kapulnik, Y. (1997) Viability of VA-mycorrhizal fungi following soil solarization and fumigation. *Plant Soil*, 195(1):185-193. DOI: 10.1023/A:1004200316520
- Bolan, N., Robson, A. D., Barrow, N. J. (1984) Increasing phosphorus supply can increase the infection of plant roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and biochemistry*, 16(4): 419-420. DOI: 10.1016/0038-0717(84)90043-9
- Bompadre, M.J., Pérgola, M., Fernández Bidondo, L., Colombo, R.P., Silvani, V.A., Pardo, A.G., Ocampo, J.A., Godeas, A.M. (2014) Evaluation of arbuscular mycorrhizal fungi capacity to alleviate abiotic stress of olive (*Olea europaea* L.) plants at different transplant conditions. *The Scientific World Journal*, 2014: 1-12. DOI: 10.1155/2014/378950
- Bowen, G.D. (1987) *The biology and physiology of infection and its development*. U: G.R. Safir, ur. *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. Boca Raton: CRC Press, Inc.
- Briccoli Bati, C., Santilli, E., Lombardo, L. (2015) Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and on micro-nutrient and macronutrient uptake and allocation in olive plantlets growing under high total Mn levels. *Mycorrhiza*, 25(2): 97-108. DOI: 10.1007/s00572-014-0589-0
- Calvente, R., Cano, C., Ferrol, N., Azcón-Aguilar, C., Barea, J.M. (2004) Analysing natural diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in olive tree (*Olea europaea* L.) plantations and assessment of the effectiveness of native fungal isolates as inoculants for commercial cultivars of olive plantlets. *Applied Soil Ecology*, 26(1): 11-19. DOI: 10.1016/j.apsoil.2003.10.009
- Castillo, P., Nico, A.I., Azcon-Aguilar, C., Del Rio Rincon, C., Calvet, C., Jimenez-Diaz, R.M. (2006). Protection of olive planting stocks against parasitism of root-knot nematodes by arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Pathology*, 55(5): 705-713. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2006.01400.x
- Chatzistathis, T., Orfanoudakis, M., Alifragis, D., Therios, I. (2013) Colonization of Greek olive cultivars' root system

- by arbuscular mycorrhiza fungus: root morphology, growth, and mineral nutrition of olive plants. *Scientia Agricola*, 70(3): 185-194.
- Daft, M.J. i El Giahmi, A.A. (1978) Effects of arbuscular mycorrhizae on plant growth. VIII. Effects on defoliation and light on selected hosts. *New Phytologist*, 80(2): 365-372. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1978.tb01570.x
- Dag, A.; Yermiyahu, U.; Ben-Gal, A.; Zipori, I.; Kapulnik, Y. 2009. Nursery and post transplant field response of olive trees to arbuscular mycorrhizal fungi in an arid region. *Crop Pasture Science*, 60(5): 427-433. DOI: 10.1071/CP08143
- De Miranda, J.C.C., Harris, P.J., Wild, A. (1989) Effects of Soil and Plant Phosphorus Concentrations on Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza in Sorghum Plants. *The New Phytologist*, 112(3): 405-410.
- Estaún, V., Camprubi, A., Calvet, C. (2003). Nursery and field response of olive trees inoculated with two arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus intradices* and *Glomus mosseae*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(5): 767-775.
- Fouad, M.O., Essahibi, A., Benhiba, L., Qaddoury, A. (2014) Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the protection of olive plants against oxidative stress induced by drought. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(3): 763-771. DOI: 10.5424/sjar/2014123-4815
- García, K., Zimmerman, S.D. (2014) The role of mycorrhizal associations in plant potassium nutrition. *Frontiers in Plant Science*, 5(337): 1-9. DOI: 10.3389/fpls.2014.00337
- Hayman, D.S. (1974) Plant growth responses to vascular – arbuscular mycorrhiza. IV. Effect of light and temperature. *New Phytologist*, 73(1): 71-80. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1974.tb04607.x
- Hijri, M., Hosny, M., van Tuinen, D., Dulieu, H. (1999) Intraspecific ITS polymorphism in *Scutellospora castanea* (*Glomales*, *Zygomycota*) is structured within multinucleate spores. *Fungal Genetics and Biology*, 26(2): 141-151. DOI: 10.1006/fgbi.1998.1112
- Kapulnik, Y., Tsrur, L., Zipori, I., Hazanovsky, M., Wininger, S., Dag, A. (2010) Effect of AMF application on growth, productivity and susceptibility to *Verticillium wilt* of olives grown under desert conditions. *Symbiosis*, 52(2-3): 103-111. DOI: 10.1007/s13199-010-0085-z
- Kara, Z., Arslan, D., Güler, M., Güler, Ş (2015) Inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and application of micronized calcite to olive plant: Effects on some biochemical constituents of olive fruit and oil. *Scientia Horticulturae*, (185): 219-227. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.02.001
- Marulanda, A.; Porcel, R.; Barea, J.M.; Azcon, R. (2007). Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought-tolerant or drought-sensitive *Glomus* species. *Microbial Ecology*, 54(3): 543-552. DOI: 10.1007/s00248-007-9237-y
- Meddad-Hamza, A., Beddiar, A., Gollotte, A., Lemoine, M.C., Kuszala, C., Gianinazzi, S. (2010) Arbuscular mycorrhizal fungi improve the growth of olive trees and their resistance to transplantation stress. *African Journal of Biotechnology*, 9(8): 1159-1167.
- Montes-Borrego, M., Metsis, M., Landa, B.B. (2014) Arbuscular mycorrhizal fungi associated with the olive crop across the andalusian landscape: factors driving community differentiation. *Plos One*, (9): 1-12. DOI: 10.1371/journal.pone.0096397
- Nacer Mekahlia, M., Beddiar, A., Chenchouni, H. (2013) Mycorrhizal dependency in the olive tree (*Olea europaea*) across a xeric climatic gradient. *Advances in Environmental Biology*, 7(9): 2166-2174.
- Nogueira, M.A., Nehls, U., Hampp, R., Poralla, K., Cardoso, E.J.B.N. (2007) Mycorrhiza and soil bacteria influence extractable iron and manganese in soil and uptake by soybean. *Plant Soil*, 298(1-2): 273-284. DOI: 10.1007/s11104-007-9379-1
- Nouri, E., Breuillin-Sessoms, F., Feller, U., Reinhardt, D. (2014) Phosphorus and Nitrogen Regulate Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis in *Petunia hybrida*. *Plos One*, 10(4): 1-14. DOI: 10.1371/journal.pone.0127472
- Palomares-Rius J.E., Castillo P, Montes-Borrego, M., Müller, H., Landa, B.B. (2012) Nematode community populations in the rhizosphere of cultivated olive differs according to the plant genotype. *Soil Biology and Biochemistry*, 10(1): 168-171. DOI: 10.1371/journal.pone.0116890
- Porras-Soriano, A., Soriano-Martín, M.L., Porras-Piedra, A., Azcón, R. (2009) Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. *Journal of Plant Physiology*, 166(13): 1350-1359. DOI: 10.1016/j.jplph.2009.02.010
- Roldan-Fajardo, B.E., Barea, J.M. (1986). Mycorrhizal dependency in the olive tree (*Olea europaea* L.). U: Gianinazzi-Pearson V, Gianinazzi. S., ur. First European Symposium on Mycorrhizae. Physiology and genetics aspects of mycorrhizae, Paris.
- Sanders, F.E. (1975) The effect of foliar-applied phosphate on the mycorrhizal infections of onion roots. U: Sanders, F.E., Mosse, B., Tinker, P.B., ur. *Zbornik radova, Endomycorrhizas*. Academic Press, London, 261-276.
- Schwarzott, D., Schüßler, A. (2001) A simple and reliable method for SSU rRNA gene DNA extraction, amplification and cloning from single AM fungal spores. *Mycorrhiza*, 10(4): 203-207. DOI: 10.1007/PL00009996
- Schüßler, A., Schwarzott, D., Walker, C. (2001). A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. *Mycological Research*, 105(12): 1413-1421. DOI: 10.1017/S0953756201005196
- Sheng, M., Tang, M., Chen, H., Yang, B., Zhang, F., Huang, Y. (2009) Influence of arbuscular mycorrhizae on the root system of maize plants under salt stress. *Canadian Journal of Microbiology* 55(7): 879-886. DOI: 10.1139/w09-031
- Shokri, S., Maadi, B. (2009) Effects of arbuscular mycorrhizal fungus on the mineral nutrition and yield of *Trifolium alexandrinum* plants under salinity stress. *Journal of Agronomy*, 8(2): 79-83. DOI: 10.3923/ja.2009.79.83
- Troncoso de Arce, A., Liñán Benjumea, J., Carretero Montero, C. L., García Fernández, J.L., Troncoso Mendoza, J., García Liñán, M., Cantos, M. (2008) Influence of the mycorrhizal *Glomus intradices* on the development of in vitro raised olive seedlings during acclimation phase. *Acta Horticulturae*, 791: 225-231.
- Wang, F.Y., Liu, R.J., Lin, X.G., Zhou, J.M. (2004) Arbuscular mycorrhizal status of wild plants in saline-alkaline soils of the Yellow River Delta. *Mycorrhiza*, 14(2): 133-137. DOI: 10.1007/s00572-003-0248-3
- Wang, C., Zhenhong, G., Hang, C., Honghui, Z., Shenlei, F., Qing, Y. (2015) Differences in arbuscular mycorrhizal fungal community composition in soils of three land use types in subtropical hilly area of southern China. *Plos One*,

10(6): 1-16. DOI: 10.1371/journal.pone.0130983

Wu, Q.S., Zou, Y.N. (2010) Beneficial roles of arbuscular mycorrhizas in citrus seedlings at temperature stress. *Scientia Horticulturae*, 125: 289-293. DOI: 10.1016/j.scienta.2010.04.001Vierheiliga, H., Schweigerb, P., Brundrettc, M. (2005) An overview of methods for the detection and observation of arbuscular mycorrhizal fungi in roots. *Physiologia Plantarum*, (125): 393-404. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2005.00564.xZhu, Y.G., Smith, F.A., Smith, S.E. (2002) Phosphorus efficiencies and their effects on Zn, Cu, and Mn nutrition of different barley (*Hordeum vulgare*) cultivars grown in sand culture. *Australian Journal of Agricultural Research*, 53:211-216.

Prispjelo/Received: 22.1.2021.

Prihvaćeno/Accepted: 5.3.2021.

Professional paper

## Arbuscular mycorrhizal fungi and olive groves

### Abstract

Arbuscular mycorrhiza - a symbiotic relationship in which the fungus invades the cortical cells of the root of the vascular plant. The selection of a suitable fungal strain, which depends on the crop grown, is one of the most important factors in achieving a successful arbuscular mycorrhiza. Once achieved, a successful symbiotic relationship acts as a bridge between the plant roots and the soil that has a positive impact on nutrient transport. Previous research has confirmed that arbuscular mycorrhiza can have a positive effect on olive nutrition, phytosanitary stability, as well as fruit yield and olive oil quantity, and chemical composition. Insight into relationship enables the improvement and modulation of various production parameters in olive growing.

**Keywords:** arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus*, olive, olive oil



**PLEŠIVICA PZ** TRADICIJA  
PROIZVODNJE  
KVALITETNIH  
VINA

E-mail: [plešivica@plešivica.hr](mailto:plešivica@plešivica.hr)  
[www.plešivica.hr](http://www.plešivica.hr)  
Plešivica 6, 10450 JASTREBARSKO,  
TEL/FAX: +385/1/ 6293 358, 6294 809