Značaj endomikoriznih gljiva u ishrani biljaka

Sušac, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:194960

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

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

Ivana Sušac
Preddiplomski stručni studij Bilinogojstvo
Smjer Ratarstvo

ZNAČAJ ENDOMIKORIZNIH GLJIVA U ISHRANI BILJAKA

Završni rad

Osijek, 2017.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Ivana Sušac
Preddiplomski stručni studij Bilinogojstvo
Smjer Ratarstvo

ZNAČAJ ENDOMIKORIZNIH GLJIVA U ISHRANI BILJAKA

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:
1. Prof.dr.sc. Suzana Kristek, mentor
2. Doc.dr.sc. Brigita Popović, predsjednik
3. Doc.dr.sc. Sanda Rašić, član
4. Izv.prof.dr.sc. Drago Bešlo, zamjenski član

Osijek, 2017.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Preddiplomski stručni studij Bilinogojstvo

Završni rad

Ivana Sušac

Značaj endomikoriznih gljiva u ishrani biljaka

Sažetak: 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. Botaničari smatraju da je stvaranje ove simbiotske asocijacije imalo presudnu ulogu u razvoju i širenju vaskularnih biljaka na zemlji. Osim što su utjecale na razvoj vaskularnih biljaka, mikorizne gljive su utjecale i na razvoj tla. Mikorize produciraju humusne komponente i organski lijepak (ekstracelularni polisaharidi) koji lijepe tlo u agregate, tako da su tla sa velikim udjelom mikoriza u ukupnoj mikrobnoj biomasi strukturna i dobre poroznosti. Inokulacija mikoriznim gljivama pospješuje se uspostavljanje efektivne simbioze, a ona će doprinjeti boljem i pravilnijem razvoju korjenovog sustava. Zbog niza koristi koje biljke imaju u simbiozi s mikoriznim gljivama smanjuje se potreba za mineralnom gnojidbom i upotrebom pesticida, što je s ekonomskog i ekološkog aspekta od iznimnog značaja.

Ključne riječi: mikoriza, mikorizne gljive, ekološka proizvodnja
Rad sadrži: 26 stranica, 8 slika, 11 literarnih navoda, 1 prilog
Jezik izvorni: hrvatski

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agriculture in Osijek
Professional study Plant production

Final work

Ivana Sušac

The significance of endo mycorrhizal fungi in plant nutrition

Summary: Mycorrhizas are associates of fungi, representatives of *Zygomyceta*, *Basidiomyceta* and *Ascomyceta* living on the higher plant roots. Albert Bernard Frank in 1885 first discovered them. Mycorrhizal fungi fossil residues werw found on the roots of the first vascular plants derived from the Devon period approx. 400 mil. years B.C. Botanists think that this symbiotic association played an essential role in developing and spreading vascularplants on the earth. However, regardless of their effect on vascular plants development of mycorrhizal fungi affected soil development. They produce humous components and an organic sticky substance (extra-cellular polysaharides) that hold soil intoaggregates resulting in a well structured soil of good porosity and a large mycorrhizas intake in the total microbial bio-mass. Inoculation with mycorrhized promotes the establishment of an effective symbiosis, contribute to a better and more regular development of the root system. This procedure is capable for ensuring effective symbiosis and reducing mineral fertilizer and pesticide requirements being very important from economical and ecological aspect.

Key words: mycorrhizal, mycorrhizal fungi, organic production
Thesis contains: 26 pages, 8 figures, 11 references, 1 supplements
Original in: Croatian

Final work is archived in Library of Faculty og Agriculture in Osijek and in digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek, Kralja Petra Svačića 1d

SADRŽAJ

1.UVOD…….....1
2. MIKORIZNE GLJIVE……...2
2.1. Vrste mikoriza……..……....5
2.2. Proces mikorizacije…….….9
2.3. Mikrobiološka cjepiva……10
2.4. Biostimulator mikorize…….....12
2.5. Inokulacija mikoriznih gljiva……..14
3. VEZIKULARNO ARBUSKULARNE MIKORIZE……....16
3.1. Ekosustav i utjecaj vezikularno arbuskularne mikorize……..…19
4. DJELOVANJE TOKSINA NA MIKORIZNE GLJIVE……...…21
5. ZAKLJUČAK……..….22
LITERATURA…….…….23
SAŽETAK……24
SUMMARY…….…….25
PRILOG……26
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA
BASIC DOCUMENTATION CARD

1. UVOD

Napredovanjem tehnologije u svijetu napredovale su grane poljoprivredne proizvodnje, ali nije napredovala briga o okolišu. Godinama je čovjek radom na zemlji smanjio brojnost gljiva u poljoprivrednim tlima. Još nije do kraja otkrivena priroda i blagodati koje ona donosi na ekološku proizvodnju, posebno se to odnosi u slučaju gljiva. Od trenutka razvoja korijena u tlu, na njega se naseljavaju gljive.

Gljive (lat. *Fungi*) spadaju u najrasprostranjenije žive organizme na zemlji. Na svijetu postoji više stotina tisuća različitih vrsta gljiva. One spadaju u jedno od šest carstava živoga svijeta, te imaju različite hranidbene strategije, kao što su simbioniti koji žive u zajednici s mnogim biljnim vrstama gradeći mikorizu. Riječ je o posebnoj vrsti mikroskopskih gljiva koje ne mogu živjeti samostalno, već isključivo u suživotu s korijenom biljaka. One su kopneni organizmi, veliki broj vrsta gljiva živi u šumskim ekološkim sustavima, ali prisutne su i na svim kopnenim staništima. Gljive se međusobno razlikuju prema morfološkim i fiziološkim karakteristikama, podrijetlu, odnosu prema okolinskim čimbenicima, patološkim procesima koje uzrokuju.

U odvijanju ekoloških procesa gljive imaju jako veliku ulogu, razgrađujući mrtvu organsku tvar omogućuju kruženje materije, bez kojega nije moguć život. Mnoge gljive tvore s biljkama mikorizu, koja je iznimno važna za zdravlje šumskoga drveća i drugih mikoriznih biljaka. Mikorize produciraju humusne komponente i organski lijepak, koji lijepe tlo u agregate, pa su tla sa velikim udjelom mikoriza u ukupnoj mikrobnoj biomasi strukturna i dobre poroznosti.

2. MIKORIZNE GLJIVE

Riječ mikoriza dolazi od grčkih riječi *mukes* (gljiva) i *rhizos* (korijen) (Radić, 2013.). Mikoriza je simbioza korijena i micelija mikoriznih gljiva koja pojačava prehranu bilja, prvi je otkrio mikorizne gljive Albert Bernard Frank (1885.). Mikorizne gljive su asocijacija gljiva, predstavnika *Zygomyceta*, *Basidiomyceta* i *Ascomyceta* koje žive na korijenu viših biljaka. 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 (kojim se ruše njihove mreže), 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.



Slika 1. Mikorizne gljive na korijenu

Izvor: https://haskap.club/tag/growing/page/2/

Prednosti simbioznih asocijacija između mikoriznih gljiva i viših biljaka je visokomeđuzavisna veza gdje biljke imaju puno koristi npr.:

- 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.

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.).

2.1. Vrste mikoriza

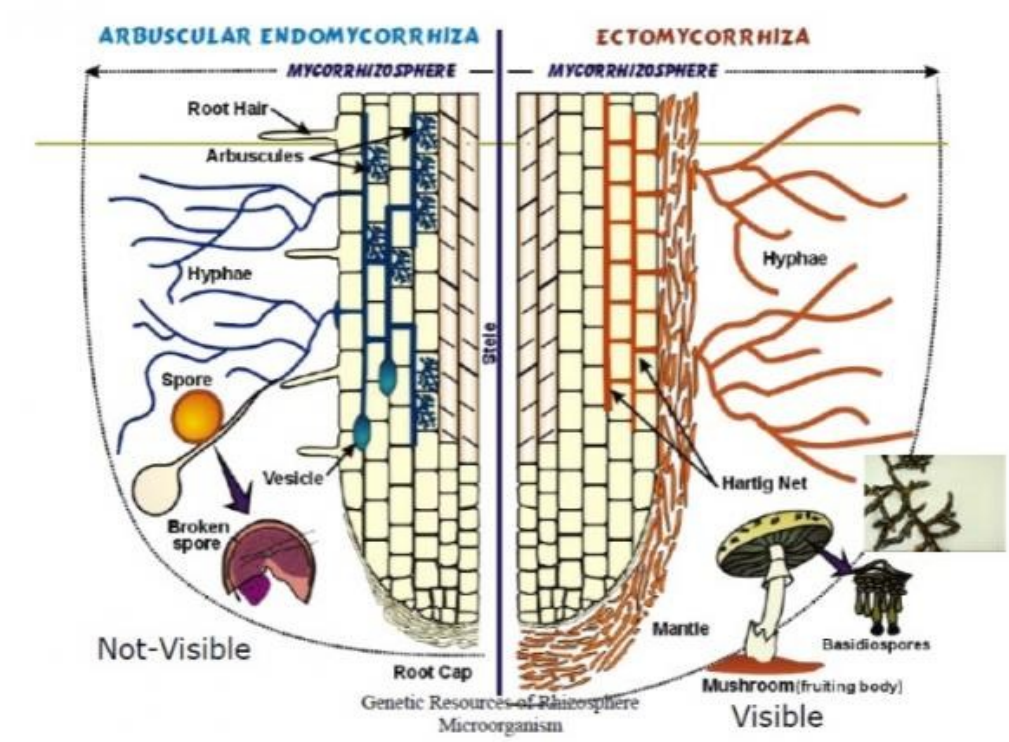
Mikoriza se javlja kod 82% dosad istraženih vrsta kritosjemenjača, te kod svih golosjemenjača. Vrste kod kojih se nikada ili vrlo rijetko javlja mikoriza su ili neke ruderalne vrste koje rastu na vrlo fertilnim tlima (npr. kopriva) ili koje rastu na vrlo siromašnim tlima (npr. biljke mesožderke). Isto tako vrste kod kojih se uobičajeno javlja mikoriza ako rastu na vrlo bogatim ili vrlo siromašnim ili vrlo suhim, slanim i sličnim tlima kod njih se ne javlja mikoriza. Općenito se kod mladih biljaka na vrlo bogatim tlima vrlo rijetko javlja mikoriza, no mikoriza pospješuje rast biljaka, osobito na tlima siromašnim fosforom. Postoji više vrsta mikoriza, od toga su prve dvije osnovne vrste:

1. Ektomikorize
2. Endomikorize
3. Ektoendomikoriza
4. Erkoidna mikoriza
5. Orhidejska mikoriza

1. Ektotrofna mikoriza (Slike 2. i 3.) - ako gljiva opkoljuje korijen izvana, govorimo o ektotrofnoj mikorizi koja kolonizira više od 2000 biljnih vrsta (oko 10% *Angyospermi* i veliki broj *Gymnospermi*). Kompatibilne biljne vrste su: lješnjak i kesten. Uglavnom se javlja kod drveća, međutim ustanovljena je i kod nekih jednosupnica, te kod papratnjača. Ektomikorizni micelij formira gust omotač oko korijena, hife se šire iz tog omotača u tlo i znatno povećavaju upijanje vode i minerala. Također, hife urastaju u srž korijena, ali ne probijaju njegove stanice, već tvore mrežu u međustaničnim prostorima koja omogućava izmjenu nutrijenata između gljive i biljke. U usporedbi s „običnim" korijenjem, korijenje s ektomikorizom je u pravilu gušće, veće i razgranatije. Takvo korijenje ne razvija dlačice koje bi bile suvišne uz veliku površinu micelija, jer se rizosfera povećava do 1000%. Utvrđeno je da ektotrofna mikoriza može poboljšati apsorpciju dušika.

2. Endotrofna mikoriza (Slike 2. i 3.) - ako se gljiva razvija unutar korijena više biljke govorimo o endotrofnoj mikorizi koja kolonizira oko 300 000 biljnih vrsta, uglavnom *Angyospermi*, a za razliku od ektomikorize, nema gust omotač oko korijena. Endomikoriza je poznata i pod nazivima arbuskularna mikoriza i vezikularno arbuskularna mikoriza, a ti se nazivi temelje na tvorevinama koje gljive čine unutar stanica korijena biljke domaćina, što olakšava protok hranjivih tvari kroz hife.

Ratarske kulture koje su kompatibilne sa endomikoriznim gljivama su: pšenica, ječam, raž, proso, soja i kukuruz. Gledano golim okom, ovakvo korijenje izgleda kao „normalno“ s dlačicama i potreban je mikroskop da bi se vidjele sitne hife koje se šire iz korijena u tlo, no hife se šire i unutar korijena, ali ne probijaju membranu. Ovaj tip mikorize je puno češći od ektomikorize, pa ga nalazimo u simbiozi s više od 90% biljnih vrsta. Endotrofna mikoriza je značajna za bolju apsorpciju metala u tragovima kao što su cink i bakar.



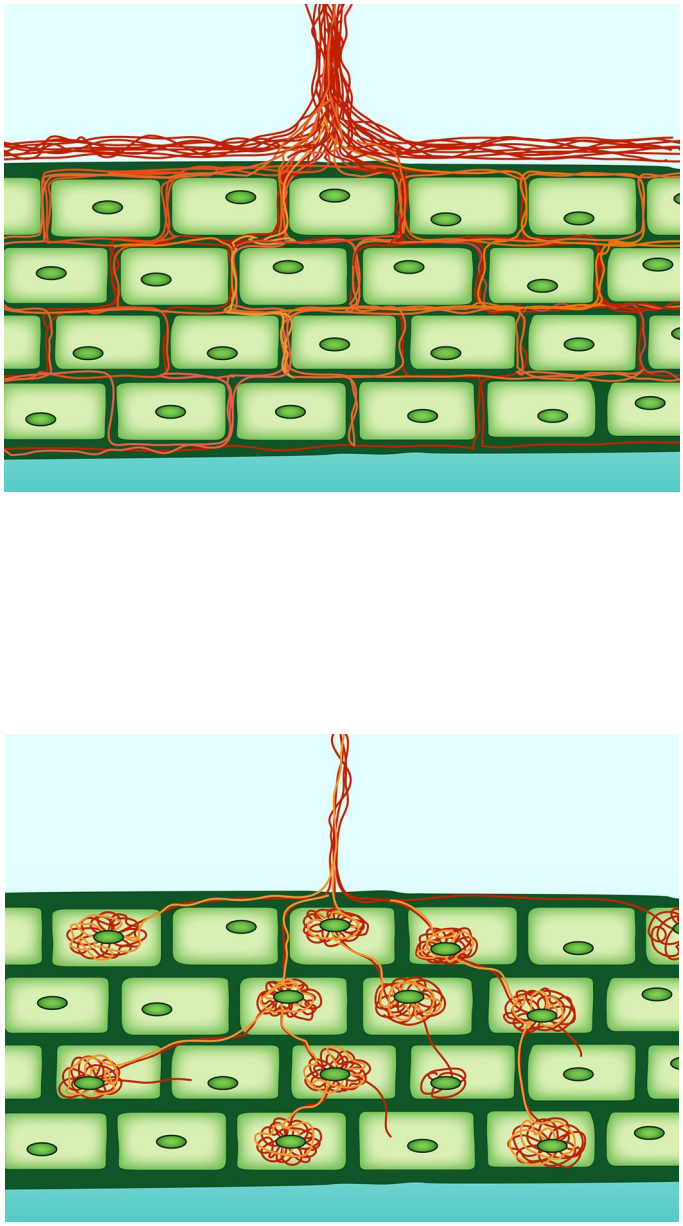
Slika 2.Grafički prikaz ekto i endo mikorize

Izvor: https://www.agroklub.com/upload/slike/graficki-prikaz-ekto-i-endo-mikorize.jpg

Postoje ekto i endomikorizne gljive koje su niskog afiniteta u pogledu izbora domaćina. Te gljive uspostavljaju veze s biljkama ne samo iste vrste, već i između različitih biljnih vrsta. U pravilu su endomikorizne gljive nisko specifične, a ektomikorizne gljive visoko specifične u izboru biljaka domaćina. Jedna biljka može biti istovremeno u mikoriznom odnosu s više vrsta gljiva, a ista gljiva može istovremeno inficirati više jedinki iste, ali i različitih vrsta. Dakle, jedna biljka može istovremeno imati i ekto i endomikorizu.

Na taj se način stvara mreža putem koje se ugljikohidrati i mineralne hranjive tvari mogu izmjenjivati između različitih jedinki.

Ektoendomikoriza - označava prijelazni oblik između ekto i endomikorize (Bugarčić, 2015.). Erikoidna i orhidejska mikoriza - su specifične za borovnice, brusnice i orhideje. Borovnice i brusnice ne mogu preživjeti bez mikorize, jer nemaju razvijene korijenove dlačice. Sjemenke orhideja nemaju zalihu hranjivih tvari, stoga ne mogu klijati bez pomoći mikorize.



Slika 3. Ektomikoriza i endomikoriza

Izvor: http://www.good4plants.com/mikoriza-hr/?lang=hr

Tipovi mikoriznih asocijacija:

- Vezikularno arbuskularne mikorizne asocijacije
- Ektomikorizne asocijacije
- Ektendomikorizne asocijacije
- Arbutoidne mikorizne asocijacije
- Monotropoidne mikorizne asocijacije
- Orchidne mikorizne asocijacije
- Ericoidne mikorizne asocijacije

Ova podjela je zasnovana na različitim grupama mikoriznih gljiva i biljaka domaćina, te posebnim morfološkim strukturama koje u simbiotskoj asocijaciji nastaju.

2.2. Proces mikorizacije

Postupak mikorizacije provodi se samo jedan put, aplikacijom isključivo na sjeme ili na korijen biljke (Čolić, 2013.). Nakon primjene kolonije gljive će se same raširiti u zemlji, a za godinu-dvije kad se prošire korist će biti još veća. Kolonije ovih vrijednih gljivica mogu biti uništene erozijom, obradom tla ili sličnim aktivnostima. Kad se jednom poremete, teško i sporo će se oporavljati, stoga je najbolje suzdržati se od obrade tla, jer to može biti vrlo kontraproduktivno. Uz mikorizaciju korisno je upotrijebiti i kvalitetno organsko gnojivo, te svake godine tlo opskrbiti mješavinom dobrog komposta i humusa, nakon čega treba ostaviti biljke da neometano rastu i napreduju. Simbiotsku zajednicu mikorize možemo slikovito zamisliti kao produžetak korijena biljke (Radić, 2013.). Korijen se od grubog dijela dijeli na sve tanje i finije, a zatim se na korijenje biljaka nastavljaju nastavci gljive koji su golom oku nevidljivi. Tim se mikroskopskim produžecima mikoriznih gljiva uvišestruči površina korijena, kao i volumen tla iz kojeg biljka može crpiti hranjive tvari. Kad se spore tih gljiva nađu u blizini korijena dobiju kemijski signal za devetu aktivaciju, počnu puštati nastavke prema korijenu te prodiru među njegove stanice, tamo zatim stvaraju različite tvorbe preko kojih izmjenjuju tvari s biljkom, nakon čega slijedi puštanje gljivinih nastavaka iz korijena prema tlu, odakle će biljke učinkovitije crpiti hranjive tvari i vodu.

Konvencionalna je poljoprivreda zbog intenzivne primjene pesticida, sintetskih gnojiva i oranja, prouzročila izrazito smanjenje prirodnih populacija korisnih mikroorganizama u tlu, kao i života u tlu uopće (Radić, 2013.). Zbog toga je upravo u takvim uvjetima posebno dobrodošla primjena mikoriznih gljiva u poljoprivrednoj proizvodnji. Primjena je mikoriznih gljiva jedan od elemenata održive, odnosno ekološke proizvodnje. Uštede poljoprivrednika su velike, a još je važnije očuvanje plodnost tla i smanjeno onečišćenje. Ove gljive pokazuju svoju najveću korist kod primjene organskih gnojiva. U tim se uvjetima osim njih razvijaju i drugi korisni mikroorganizmi. Na tržištu su dostupni komercijalni proizvodi koji sadrže mikorizne gljive, koji se nazivaju bioregulatorima, biognojivima ili biozaštitnicima.

Na mikrobiološku aktivnost u tlu, kao i na ekto i endomikorizne gljive, pozitivan utjecaj imaju reduciranje duboke obrade, preferiranje podrivanja pred okretanjem zemlje, plodored,

zelena i organska gnojidba, izostavljanje upotrebe herbicida te manja upotreba fosfornih gnojiva, insekticida i fungicida.

2.3. Mikrobiološka cjepiva

Mikrobiološka je cjepiva moguće primijeniti tako da se određena količina prilikom sadnje biljke dodaje pod sjeme, lukovicu ili sadnicu, što će omogućiti korijenu biljke da se poveže s korijenom gljive (Draguzet, 2015.). Prije primjene cjepiva potrebno je odabrati prikladan soj gljivica za određenu kulturu, tlo i klimu. Najisplativija je primjena cjepiva na manjim površinama gdje se u gustom sklopu uzgajaju sadnice, odnosno rasadnici. Primjena mikoriznih cjepiva na većim površinama kod ratarskih kultura poput pšenice, ječma, kukuruza, suncokreta i mahunarki ekonomski je neisplativa, jer zahtijeva veliku količinu cjepiva koju je teško proizvesti, ali i nabaviti. Mikorizno se cjepivo (Slika 4.) sastoji od spora i dijela korijena s hifama sojeva endomikoriznih gljiva na supstratu i nosaču, najčešće mljevenoj ekspandiranoj glini koja omogućuje duže preživljavanje gljiva u tlu. Cjepiva mogu biti u obliku mikoriznog micelija ili u obliku suhih preparata - spora (Novak i Benko, 2013.). Živi mikorizni micelij nalazi se u vodenoj otopini u obliku gela i ima trajnost od čak nekoliko godina na temperaturi od oko 0°C, a svoju funkciju gubi ako se osuši ili pregrije. Prednost takvog cjepiva je mogućnost gljiva da zbog živih hifa lako i brzo stupe u simbiozu s biljkom, dok je kod primjene suhog cjepiva u obliku spora uspostava mikorize sporija.



Slika 4. Mikorizno cjepivo

Izvor: http://www.gnojidba.info/wp-content/uploads/2013/10/Mikorizno-cijepivo-1.png

Primjena ektomikoriznog cjepiva u višegodišnjim nasadima ima prije svega, ekonomski značaj, jer je mikorizirana biljka otpornija na sušu, razne bolesti. Također, pospješuje rast biljaka. Jednom nacijepljeni živi micelij u nasadima ostaje tijekom njihovog cijelog života, a sama mikorizacija se može obaviti već u rasadnicima, što smanjuje troškove proizvodnje i popravlja kvalitetu sadnog materijala. Kod sadnje višegodišnjih kultura, korijen sadnice se umače u suspenziju, a u postojećim nasadima inokulum se aplicira u korijenov sustav pod tlakom.

2.4. Biostimulator mikorize

Koncentracija autohtonih endomikoriznih gljiva često je nedovoljna, stoga je upotreba biostimulatora vrlo važna u poboljšanju razvoja lokalnih, autohtonih mikoriznih gljiva (Draguzet, 2015.). Konvencionalan način proizvodnje umanjuje broj i aktivnost autohtonih mikoriznih gljiva na tim površinama, stoga je prije prelaska na ekološki uzgoj potrebno dodati mikorizne gljive ili potaknuti njihov razvoj biostimulatorima. Biostimulatori namijenjeni za tretiranje tla ili sjemena žitarica su mineral kalcit, formononetin, mješavina mikroorganizama promotora biljnog rasta i ekstrakt morskih trava. Oni imaju izrazito povoljan utjecaj na rani razvoj korijena i razvoj endomikorize koja poboljšava usvajanje fosfora, što rezultira većim prinosom i manjim troškom gnojidbe. Primjena biostimulatora (Slika 5.) mnogo je jeftinija od upotrebe mikoriznih cjepiva i može se primijeniti na sjeme žitarica. Upotreba biostimulatora prikladna je za žitarice kao što su pšenica, ječam, raž, zob, triticale (jare i ozime sorte), ali i druge vrste poput krumpira, kukuruza, suncokreta, leguminoze i dr.



Slika 5. Biostimulator s korisnim mikroorganizmima (mikorizne gljivice) u obliku tableta

Izvor: http://grama.com.hr/wp-content/uploads/2016/02/mico.jpg

Razne vrste sadnica voćki, šumskog drveća, povrća i cvijeća uz mikorizu bolje podnose transplantacijski stres odnosno povećava se preživljavanje u poljskim uvjetima, bolje napreduju, trebaju manje gnojiva (fosfor), fitohormona i primjene zaštitnih sredstava. Pogotovo u visoko prihodovnoj proizvodnji bez virusnih podloga i sadnica voćaka mikropropagacijom.

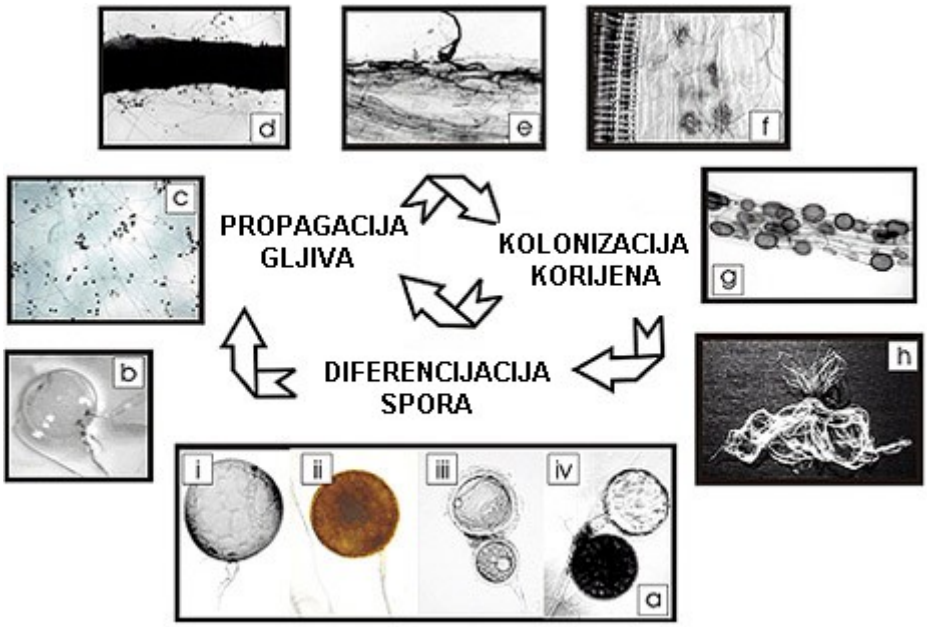
Za kulture koje se uzgajaju na velikim površinama kao što su ratarske i povrtlarske kulture prikladnija je upotreba biostimulatora autohtone endomikorize, zbog isplativosti i jednostavnosti primjene u odnosu na cjepiva.

Cijena cjepiva (biostimulatora), garancija kvalitete i garancija uspostavljanja mikoriznog odnosa poseban je problem i znatno utječe na izvjesnost i isplativost investicije. Tip cjepiva (biostimulatora) trebao bi biti prilagođen vrsti poljoprivredne kulture, tipu tla, klimi i načinu uzgoja. Potrebni su ogledni nasadi u različitim poljoprivrednim uvjetima u našoj zemlji kako bi se uistinu mogao uvesti taj vid tehnologije u poljoprivrednu praksu, koji će jednoga dana postati standard te pristupačan većini poljoprivrednih proizvođača.

2.5. Inokulacija mikoriznih gljiva

Inokulacija (Slika 6.) je nacjepljivanje, odnosno zaraza korijena biljke domaćina s ciljem proizvodnje inokuluma sačinjenog od dijelova osušenog korijena biljke domaćina i ekspandirane gljive ili vermikulita u čijim se šupljinama nalaze spore endomikoriznih gljiva (Benko i Novak, 2013.).

Sama inokulacija može se vršiti suhim postupkom ili vlažnim tretmanom, kada se inokulum suspendira u vodi, slično inokulaciji sjemena leguminoza biopreparatima kvržičnih bakterija.



Slika 6. Shematski prikaz inokulacije mikoriznih gljiva

Izvor: http://www.gnojidba.info/wp-content/uploads/2013/10/Inokulacija-mikoriznih-gljiva.png

Kako bi se mogao komercijalno upotrijebiti potrebno je umnožavanje početnog inokuluma koje se obavlja preko biljke domaćina, kao što su kukuruz, kadifica ili neki od lukova. Biljke se siju u inertni supstrat kao što je ekspandirana glina, perlit, vermikulit ili pijesak. Osim što mora biti inertan, supstrat mora biti i sterilan kako bi onemogućio eventualno štetno djelovanje patogenih organizama. Supstrat u kojem su biljke domaćini rasle miješa se sa supstratom u kojem će se uzgajati presadnice povrća ili se rasipa te plitko unosi u tlo.

Kao inokulum za uspostavu ciljane mikorize najčešće se upotrebljavaju endomikorizne gljive sljedećih rodova: (Novak i Benko, 2013.)

- *Glomus;*
- *Gigaspora;*
- *Scutelospora;*
- *Acaulospora;*
- *Sklerocystisi;*
- *Entrophosfora.*

Inokulacija mikoriznih gljiva pospješuje uspostavljanje efektivne simbioze, a ona će doprinijeti boljem i pravilnijem razvoju korijenovog sustava, a zbog niza koristi koje biljke

imaju u ovoj simbiozi smanjuje se potreba za mineralnom gnojidbom i upotrebom pesticida, što je s ekonomskog i ekološkog aspekta od iznimnog značaja.

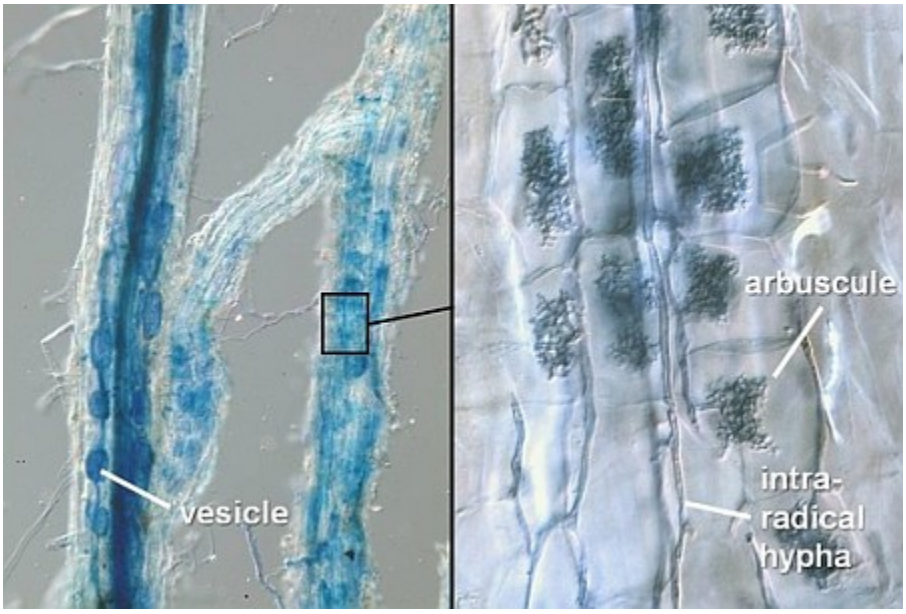
Inokulacija mikoriznim gljivama najviše se koristi u voćarstvu, te u proizvodnji povrća i cvijeća.

3. VEZIKULARNO ARBUSKULARNE MIKORIZE

Predstavljaju jedan oblik endotrofne mikorize, odnosno visoko specijaliziranu simbiozu korijena i hife., vezikularno arbuskularne mikorize (Slika 7.) predstavljaju najrašireniji oblik mikoriznih asocijacija.

Gljive koje sudjeluju u njihovom formiranju pripadaju redu *Glomerales*, a oni su obligantni 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.



Slika 7. Vezikularno arbuskularne mikorize na korijenu

Izvor: http://www.gnojidba.info/wp-content/uploads/2013/09/Izgled-mikorize-na-korijenu1.png

Osnovne karakteristike vezikularno arbuskularnih gljiva su:

- pripadaju *Zygomiceatama* 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 započinje 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 hrnjivih 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 – ugljikohidrati. Ovaj tip hifa karakterizira velika moć apsorpcije hranjivih tvari i vode, te sposobnost prodiranje 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, jer izlučuju 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 apsorbcijsku 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 uspostava mutualističkog odnosa sa različitim potencijalnim biljkama domaćinima koje im osiguravaju potrebne hranjive tvari – ugljikohidrate.

Kako bi se doprinjelo 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.

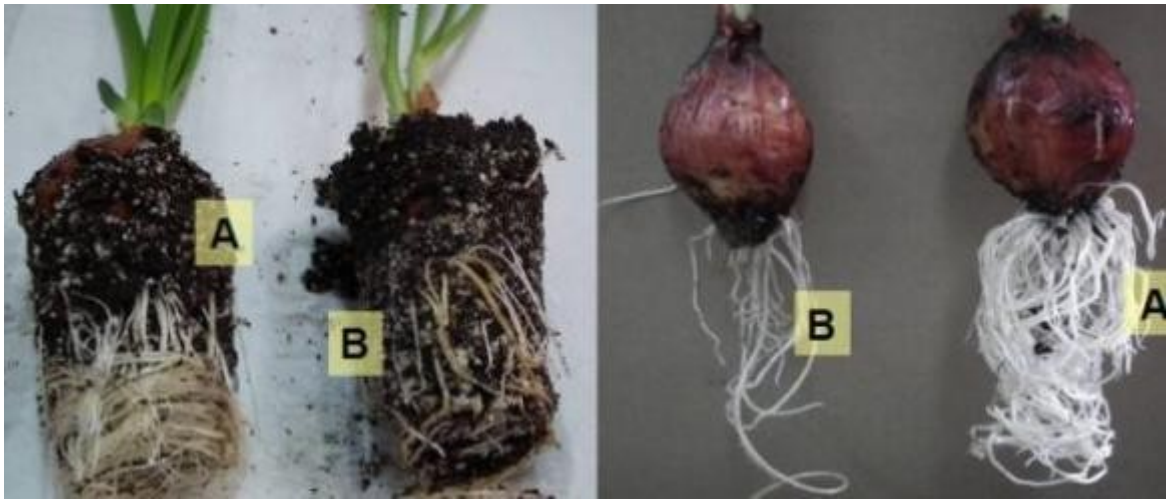
3.1. Ekosustav i utjecaj vezikularno arbuskularne mikorize

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 (Slika 8.).

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.



Slika 8. Luk, razlika u razvoju između A - tretirano sa endomikorizom i B - kontrola

Izvor: https://www.agroklub.com/upload/slike/luk%2825%29.jpg

Populacija vezikularno arbuskularnih gljiva je najveći 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 uzgaja 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 pokušava 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.

4. 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.

5. ZAKLJUČAK

Značaj endomikoriznih gljiva u ishrani biljaka je jako velik, jer one čine simbiozu korijena i gljiva, te osiguravaju biljkama domaćinima potrebna hranjiva. Dovoljno ju je samo jednom primijeniti i ona djeluje na cijeli život biljke. Prednosti mikorize se očituju u zdravijem i gušćem korijenovom sustavu, većim i brojnijim urodom, te smanjenjem gnojidbe i većom otpornošću na sušu.

Vezikularno arbuskularna mikoriza je rješenje kojim je sama priroda omogućila poboljšanje vegetacije i zdravlja biljke domaćina. Koriste se za naseljavanje degradiranih tala do kojih je došlo zbog lošeg gospodarenja.

Zbog niza koristi koje ima biljka od mikoriznih gljiva, smanjuje se potreba za mineralnom gnojidbom i upotrebom pesticida, što je od iznimnog značenja sa ekonomskog i ekološkog gledišta.

Potrebno je voditi više računa o tome kako gospodariti tlom, koliko i kako ga gnojiti, te strogo kontrolirati primjenu sredstava za zaštitu bilja. To je jedini način da tlo ostane „živo“, te očuvano kao poljoprivredna površina neophodna za proizvodnju zdrave hrane.

Mikoriza je najbolja, najjeftinija i najučinkovitija metoda za dobivanje većih i zdravijih prinosa na prirodan način i zato ju treba učiniti pristupačnom u obliku cjepiva ili gnojiiva svim poljoprivrednicima.

LITERATURA

1.Bugarčić, S. (2015.) Tlo i mikorizne gljive. Dostupno na: http://www.zdravasrbija.com/lat/Zemlja/Povrtarstvo/2041-Tlo-imikorizne-gljive.php (pristupila 20.5.2017.)

2.Čolić, S. (2013.) Nevjerojatno otkriće – biljni svijet komunicira preko vlastite podzemne mreže. Dostupno na: http://alternativa-za-vas.com/index.php/clanak/article/mikoriza (pristupila 22.5.2017.)

3.Draguzet, A. (2015.) Mikoriza od pustinja stvara plodne oaze. Dostupno na: http://www.agroklub.com/sumarstvo/mikoriza-od-pustinja-stvaraplodne-oaze/16472/ (pristupila 20.5.2017.)

4.Novak, B., Benko, B. (2013.) Mikoriza u uzgoju povrća, Gospodarski list 1/2013. Dostupno na: http://www.gnojidba.info/mikoriza-2/mikoriza-u-uzgoju-povrca-iii/ (pristupila 23.5.2017.)

5.Radić, T. (2013.) Budućnost je u mikorizi, skrivenom životu masline. Institut za jadranske kulture u Splitu. Dostupno na: http://maslina.slobodnadalmacija.hr/novosti/ID/6715/Buducnost-je-umikorizi-skrivenom-zivotu-masline (pristupila 23.5.2017.)

6.Škvorc,Ž., Ćosić, T., Sever, K., (2014.) Ishrana bilja, Interna skripta. Dostupno na: file:///C:/Users/Su%C5%A1ac/Downloads/Ishrana_bilja_INTERNA_SKRIPTA_2014.pdf (pristupila 23.5.2017.)

7.Mikoriza - kompatibilnost biljnih vrsta (2014.) http://www.gnojidba.info/mikoriza-2/mikoriza-kompatibilnost-biljnih-vrsta/ (pristupila 22.5.2017.)

8. http://digre.pmf.unizg.hr/4589/1/Zavr%C5%A1ni%20seminar.pdf (pristupila 23.5.2017.)

9. http://www.bio-buducnost.com/mikoriza.html (pristupila 20.5.2017.)

10.http://www.savjetodavna.hr/savjeti/16/683/mikoriza-nova-tehnologija-u-poljoprivredi/ (pristupila 22.5.2017.)

SAŽETAK

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. Botaničari smatraju da je stvaranje ove simbiotske asocijacije imalo presudnu ulogu u razvoju i širenju vaskularnih biljaka na zemlji. Osim što su utjecale na razvoj vaskularnih biljaka, mikorizne gljive su utjecale i na razvoj tla. Mikorize produciraju humusne komponente i organski lijepak (ekstracelularni polisaharidi) koji lijepe tlo u agregate, tako da su tla sa velikim udjelom

mikoriza u ukupnoj mikrobnoj biomasi strukturna i dobre poroznosti. Inokulacija mikoriznim gljivama pospješuje se uspostavljanje efektivne simbioze, a ona će doprinjeti boljem i pravilnijem razvoju korjenovog sustava. Zbog niza koristi koje biljke imaju u simbiozi s mikoriznim gljivama smanjuje se potreba za mineralnom gnojidbom i upotrebom pesticida, što je s ekonomskog i ekološkog aspekta od iznimnog značaja.

Ključne riječi: mikoriza, mikorizne gljive, ekološka proizvodnja

SUMMARY

Mycorrhizas are associates of fungi, representatives of *Zygomyceta*, *Basidiomyceta* and *Ascomyceta* living on the higher plant roots. Albert Bernard Frank in 1885 first discovered them. Mycorrhizal fungi fossil residues werw found on the roots of the first vascular plants derived from the Devon period approx. 400 mil. years B.C. Botanists think that this symbiotic association played an essential role in developing and spreading vascularplants on the earth. However, regardless of their effect on vascular plants development of mycorrhizal fungi affected soil development. They produce humous components and an organic sticky substance (extra-cellular polysaharides) that hold soil intoaggregates resulting in a well structured soil of

good porosity and a large mycorrhizas intake in the total microbial bio-mass. Inoculation with mycorrhized promotes the establishment of an effective symbiosis, contribute to a better and more regular development of the root system. This procedure is capable for ensuring effective symbiosis and reducing mineral fertilizer and pesticide requirements being very important from economical and ecological aspect.

Key words: mycorrhizal, mycorrhizal fungi, organic production

PRILOG

POPIS SLIKA:

Slika 1. Mikorizne gljive na korijenu
Slika 2. Grafički prikaz ekto i endo mikorize
Slika 3. Ektomikoriza i endomikoriza
Slika 4. Mikorizno cjepivo
Slika 5. Biostimulator s korisnim mikroorganizmima (mikorizne gljivice) u obliku tableta
Slika 6. Shematski prikaz inokulacije mikoriznih gljiva
Slika 7. Vezikularno arbuskularne mikorize na korijenu
Slika 8. Luk, razlika u razvoju između A - tretirano sa endomikorizom i B - kontrola