

Utjecaj arbuskularne mikorize na fotosintezu, prinos i kvalitetu ploda rajčice

ŽUPANIĆ, DUBRAVKA

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Križevci college of agriculture / Visoko gospodarsko učilište u Križevcima**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:185:123364>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository Križevci college of agriculture - Final thesis repository Križevci college of agriculture](#)



REPUBLIKA HRVATSKA
VISOKO GOSPODARSKO UČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Dubravka Županić, bacc.ing.agr.

**Utjecaj arbuskularne mikorize na fotosintezu, prinos i
kvalitetu ploda rajčice**

Završni specijalistički diplomski stručni rad

Križevci, 2015.

REPUBLIKA HRVATSKA
VISOKO GOSPODARSKO UČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Specijalistički diplomski stručni studij
Usmjerenje: *Održiva i ekološka poljoprivreda*

Dubravka Županić, bacc.ing.agr.

**Utjecaj arbuskularne mikorize na fotosintezu, prinos i
kvalitetu ploda rajčice**

Završni specijalistički diplomski stručni rad

Povjerenstvo za obranu i ocjenu završnog rada:

1. Dr.sc.Marija Vukobratović, prof.v.š., predsjednica povjerenstva i članica,
2. Dr.sc. Marijana Ivanek-Martinčić, v.pred., mentorica i članica,
3. Mr.sc. Tomislava Peremin Volf, v.pred., članica.

Križevci, 2015.

PODACI O RADU:

Završni specijalistički diplomski stručni rad izrađen je pod mentorstvom dr. sc. Marijane Ivanek -Martinčić, višeg predavača Visokoga gospodarskog učilišta u Križevcima. Podaci koji se koriste i obrađuju u specijalističkom diplomskom stručnom radu rezultat su istraživanja na temu utjecaja mješavine različitih koncentracija mikoriznih gljiva kojima su inokulirane presadnice rajčica na fotosintezu, prinos i kvalitetu ploda rajčice. Pokus je bio postavljen na poljoprivrednim površinama Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerziteta u Mariboru, Republika Slovenija gdje sam boravila u sklopu ERASMUS studentske razmjene, a pod mentorstvom dr.sc. Francija Baveca. Dio analiza rađen je na Fakultetu za kmetijstvo in biosistemske vede Univerziteta u Mariboru, a drugi dio analiza odrađen je u agrokemijskom laboratoriju Visokoga gospodarskog učilišta u Križevcima pod vodstvom dr. sc. Marije Vukobratović.

Rad sadrži:

- 45 stranica,
- 8 tablica,
- 4 grafikona,
- 3 sheme,
- 2 slike,
- 34 naslova literature.

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1. Proizvodnja rajčice u Hrvatskoj i svijetu	3
2.2. Morfološka i biološka svojstva rajčice.....	5
2.3. Hranidbena vrijednost rajčice	7
2.4. Ekološka proizvodnja u Hrvatskoj i svijetu.....	8
2.5. Utjecaj ekološke poljoprivredne proizvodnje na kakvoću proizvoda.....	10
2.6. Arbuskularne mikorizne gljive, mogućnosti ostvarivanja simbioze, te dobrobit simbiotskog odnosa za biljke	11
2.7. Utjecaj okoliša na mogućnost ostvarivanja simbioze	16
2.8. Fotosinteza u inokuliranim biljkama	18
3. MATERIJALI I METODE	20
4. REZULTATI I RASPRAVA	25
4.1. Analiza tla	25
4.2. Prisutnost mikorizne gljive u korijenu rajčice	25
4.3. Prinos, klasiranje, morfološke karakteristike i tvrdoća ploda rajčice	27
4.4. Boja ploda i pirea rajčice	29
4.5. Kemijska svojstva ploda rajčice	32
4.6. Parametri fotosinteze	35
5. ZAKLJUČAK	39
6. LITERATURA	40
SAŽETAK	43
ABSTRACT	44
ŽIVOTOPIS.....	45

1. UVOD

Ekološki i integrirani uzgoj povrća zauzima sve veći značaj u svijetu, pa se u skladu s takvim načinom proizvodnje razvijaju razne metode kako bi se unaprijedio održiv način proizvodnje sa što manje negativnih utjecaja na okoliš te istovremeno proizveo proizvod čiji je sadržaj nutrijenata veći, a nepoželjnih rezidua što manji. Dio zahvata koji se primjenjuju u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji mogu biti rizični za okoliš, što se prvenstveno odnosi na uporabu industrijskih mineralnih gnojiva kao potencijalnih zagađivača. Simbiotski odnos između korijena biljke i arbuskularnih mikoriznih gljiva omogućuje bolje usvajanje hraniva te bolji rast i razvoj biljke što u kontekstu održivosti može imati značajnu ulogu.

Arbuskularno mikorizne gljive su mikroskopske gljive koje su u prirodi sastavni dio mikroflore tla. Formiraju spore u tlu koje su sposobne proklijati pod određenim uvjetima, ali ne mogu završiti svoj životni ciklus bez biljke domaćina. Arbuskularne mikorizne gljive sposobne su ostvariti simbiozu s korijenom biljke tvoreći široku mrežu hifa u samom korijenu, ali se istovremeno šire iz korijena u tlo. Hife arbuskularne mikorizne gljive imaju sposobnost prodiranja u vrlo sitne pore tla i omogućuju biljci bolji pristup vodi i hranivima, ponajviše fosfatima i nitratima iz dijelova tla koje korijenu u neinokuliranom stanju nisu dostupne. Mikoriza također može štititi biljku od teških metala i soli. Neke vrste mikorize luče protein glomalin koji ima ulogu cementne tvari. Glomalin na sebe može vezati teške metale te samim time utječe na koncentraciju istih u biljci domaćinu. Nastale klimatske promjene i klimatski ekstremi vezani za sušu i visoke temperature kod biljke izazivaju stres koji mogu utjecati na normalan rast i razvoj biljke, te u konačnici na preživljavanje biljke i produktivnost. Mikorizna simbioza u većini slučajeva pospješuje transpiraciju, utječe na otvaranje puči i stomalnu provodljivost te na fotosintetsku aktivnost, ali i na „obrambenu reakciju“ biljke u nepovoljnim uvjetima uzrokovanim sušom te time i na efikasnost korištenja vode. Primjenom mikorize moguće je povećati otpornost korijena biljaka na neke patogene mikroorganizme. U uvjetima gdje biljka raspolaže sa dovoljno hraniva u tlu, te arbuskularna mikorizna gljiva više nije potrebna, biljka smanjuje opskrbu svog simbionta s fotoasimilatima. Najčešći razlog niskog postotka kolonizacije arbuskularnom mikoriznom gljivom je visoka koncentracija fosfora u tlu. Dostupnost vode i hraniva biljci može imati presudan utjecaj na količinu i kakvoću prinosa različitih poljoprivrednih kultura. Važne značajke kakvoće ploda rajčice namijenjenih za prodaju u svježem stanju su boja, tvrdoća te okus i aroma, koje su usko vezane za sadržaj šećera i ukupnih kiselina. Visoka koncentracija obje komponente daje izvrsnu aromu. Na pojedine komponente kvalitete ploda rajčice može utjecati različita koncentracija pojedinih

hraniva u tlu. Navodnjavanje i gnojidba su važni agrotehnički zahvati koji izravno utječu na prinos, ali mogu utjecati i na neke od parametara kvalitete kao što su sadržaj suhe tvari, sadržaj vitamina C, likopena, šećera i organskih kiselina. Utjecaj arbuskularne mikorizne gljive na rast, razvoj i neke od fizioloških procesa biljke može indirektno utjecati i na parametre kvalitete ploda. Brojna istraživanja pokazala su pozitivan utjecaj arbuskularne mikorizne gljive na sadržaj navedenih parametara u plodu rajčice.

Svrha ovog rada je istražiti utjecaj različitih koncentracija inokuluma mješavine arbuskularnih mikoriznih gljiva na fotosintezu, prinos i neke od pokazatelja kvalitete ploda rajčice uzgajane bez gnojidbe i navodnjavanja.

Cilj rada je utvrditi koja koncentracija inokuluma ima najbolji učinak na fotosintezu, prinos i pokazatelje kvalitete ploda rajčice.

Pretpostavka je da će različite koncentracije inokuluma različito utjecati na fotosintezu, prinos, kemijska svojstva ploda rajčice, suhu tvar i nutritivne vrijednosti ploda rajčice. Također se pretpostavlja da će kod inokuliranih rajčica vrijednosti intenziteta fotosinteze i efikasnosti korištenja vode biti veće nego kod neinokuliranih.

2. PREGLED LITERATURE

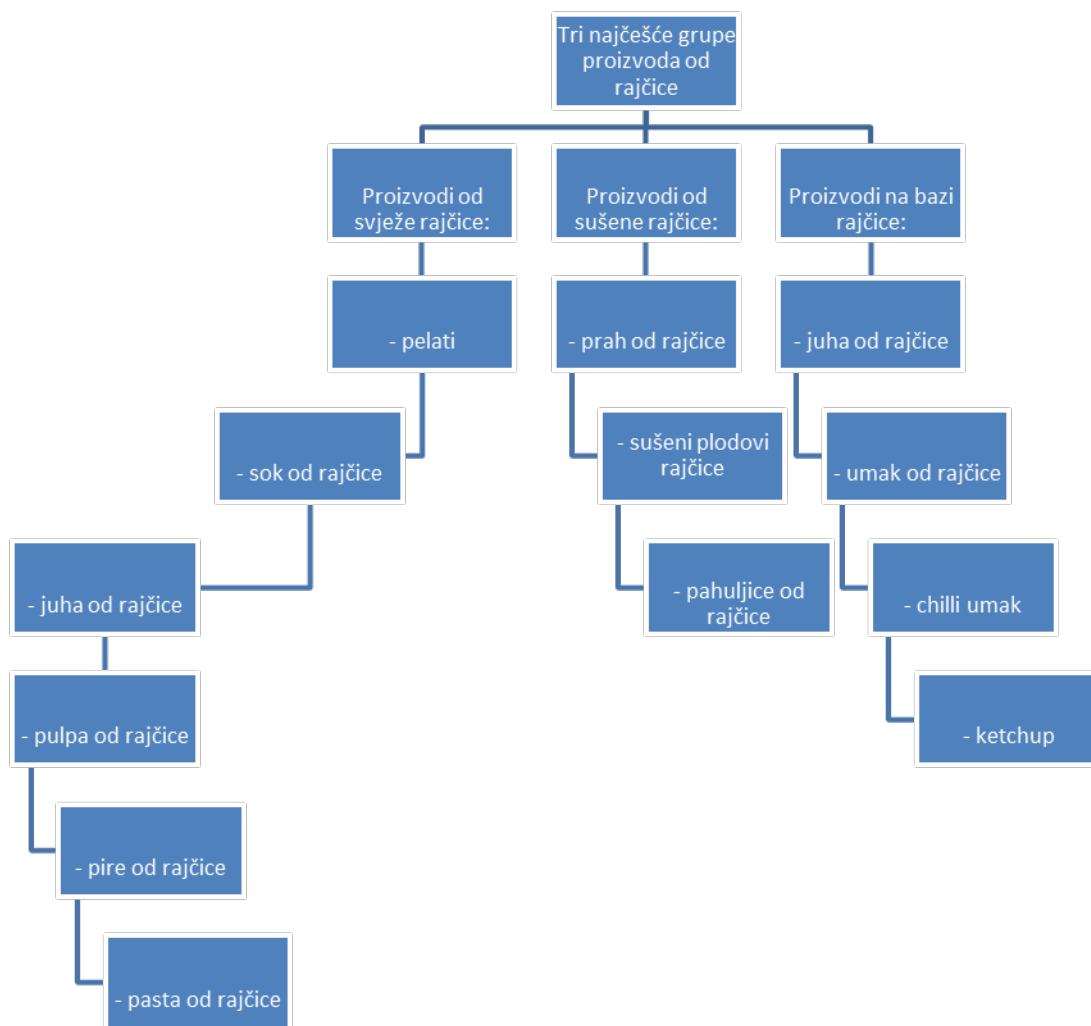
2.1. Proizvodnja rajčice u Hrvatskoj i svijetu

Količina proizvedene rajčice u svijetu 2012. godine nalazi se na jedanaestom mjestu od ukupne poljoprivredne proizvodnje te je zastupljena sa 15 % u ukupnoj povrćarskoj proizvodnji (FAOSTAT, 2012). Proizvodnja rajčice (u svježem stanju i prerađene) u svijetu je u zadnjih četiri desetljeća porasla za 300% (Heuvelink, 2005). Najveći proizvođač rajčice u svijetu u 2012. godini bila je Kina s proizvodnjom od 50 miliona tona, dok je u Europi najveći proizvođač u istoj godini bila Italija s 5.131.977 tona. U Republici Hrvatskoj u 2012. godini proizvedeno je 25.418 tona rajčice, također je i druga po redu povrćaraka kultura po proizvedenoj količini prema podacima Državnog statističkog zavoda (Statistički ljetopis 2013).

Prema Heuvelinku (2005) Europska proizvodnja rajčice može se podijeliti na dva glavna sustava proizvodnje:

- Sjeverni, koji koristi modernu tehnologiju stakleničke proizvodnje u kontroliranim uvjetima s visokim prinosima i usmjeren na tržištu za konzumaciju u svježem stanju, i
- Južni (Mediterranski) koji je uglavnom baziran na proizvodnju na otvorenom i plasteničku proizvodnju namijenjenu proizvodnji rajčice za konzumaciju u svježem stanju i preradu.

Rajčica je jedna od najčešće konzumiranih povrćarskih kultura u svijetu, njena popularnost proizlazi iz činjenice da može biti konzumirana u svježem stanju ili u obliku različitih vrsta prerađevina. Tri najčešće grupe proizvoda od rajčice su prikazane shemom 1.



Shema 1. Podjela proizvoda od rajčice u najčešće grupe.

2.2. Morfološka i biološka svojstva rajčice

Rajčica (*Lycopersicon esculentum*) pripada porodici *Solanaceae*, podrijetlom je iz Južne Amerike, a početkom 16. stoljeća rajčicu su u Europu donijeli Španjolci. Rajčica je jednogodišnja, ali u povoljnim uvjetima može biti i dvogodišnja biljka. Dva su osnovna tipa kultivara rajčice, visoki ili indeterminantni i niski ili determinantni. Indeterminantna stabljika može narasti do nekoliko metara. Sve dok su uvjeti povoljni vegetacijski vrh je aktivan. Determinantni tip naraste od 0,5-1m i grmastog je oblika.

Plod rajčice sastoji se od mesa (stjenki, perikarpa i pokožice) i pulpe (placente, sjemena i želatinastog tkiva koje ispunjava komore). Podjela plodova prema boji kreće se od svijetlo zelene do tamnozelene (kod nedozrelog ploda, (sa ili bez tamnije zelenog prstena oko stapke), te žute, narančaste, ružičaste, crvene do crvenoljubičaste, kod zrelih plodova (Lešić i sur., 2004).

Prema Lešić i sur., (2004) oblik ploda može biti okruglosplošten gladak, okruglosplošten rebrast, okrugao malo splošten, okrugli, okrugli malo izdužen, srcoliki, cilindrični, kruškoliki i šljivoliki.

Veličina ploda klasirana prema promjeru:

- vrlo sitni (< 3 cm)
- sitni (3-5 cm)
- srednji(4-8 cm)
- krupni (8-10 cm)
- vrlo krupni (> 10cm)

Rast i razvoj rajčice (uzgajane na otvorenom) ograničen je prvenstveno temperaturama, opskrbom vodom i dostupnošću hraniva. Za skladan rast i razvoj rajčice smatra se da su optimalne dnevne temperature od 20°C-25°C i noćne od 13°C-17°C, te je poželjna razlika između dnevnih i noćnih temperatura oko 7°C. Osjetljivost biljke na temperature ovisi i o fazi razvoja, te su optimalne temperature za zametanje ploda danju od 19°C-24°C i noću od 14°C-17°C. Temperatura također može utjecati i na proizvodnju i klijavost peluda, te u kombinaciji s relativnom vlažnosti, ako je ona manja od 70%, a temperatura niža od 17°C ili viša od 24°C, smanjuje se učinkovitost oprašivanja. Temperatura može utjecati na komponente kvalitete kao što su veličina ploda, boja i organoleptička svojstva. Boja ploda se najbolje razvija na temperaturi između 12-21°C, temperatura ispod 10°C i iznad 30°C inhibira normalan razvoj ploda i sintezu likopena, temperatura blizu 23°C povećava kvalitetu ploda i sadržaj suhe tvari (Preedy i Watson, 2008). Pri vrlo niskoj relativnoj vlažnosti zraka dolazi do reduciranja

fotosintetske aktivnosti radi zatvaranja pući te se kao posljedica toga pojavljuje reducirani rast biljke i veličina ploda što direktno utječe na rezultat cjelokupne proizvodnje. Isto tako visoka relativna vlažnost zraka smanjuje transpiraciju, visok intenzitet svjetlosti može utjecati na količinu fotoasimilata dostupnih plodu, te samim time i na veći udio šećera, vitamina C i pigmenta likopena u plodu (Preedy i Watson, 2008).

Uz temperaturu također je važan i intenzitet svjetla, kao i odnos njihovih vrijednosti posebno u fazi cvatnje. Intenzitet svjetla od najmanje 10000 luksa potreban je za normalnu cvatnju. Visoki intenzitet svjetla može negativno utjecati na fotosintetsku aktivnost.

U uzgoju rajčice na otvorenom izraziti znakovi pomanjkanja pojedinih hraniva na biljci su rijetki, izuzev pomanjkanja kalcija koje uzrokuje vršnu trulež, što je razmjerno česta pojava čak i u mediteranskim područjima gdje su tla bogata kalcijem. Stres uzrokovan pomanjkanjem vode često može uzrokovati vršnu trulež plodova kao rezultat nemogućnosti dotoka kalcija do ploda (Lešić i sur. 2004). Neravnomjerna opskrbljenost vodom može dovesti do pucanja plodova. Kod nedovoljne opskrbe biljke vodom razdoblje rasta ploda se smanjuje te su plodovi sitniji s većim sadržajem suhe tvari, šećera i kiselina.

Opskrbljenost biljke dušikom, kao i forma dušika u kojoj je biljci dostupan, utječe na rast i razvoj biljke te na razvoj ploda. Fosfor je važan za rani rast korijena, vegetativni razvoj i formiranje plodova. Dobra opskrbljenost kalijem povoljno utječe na određene parametre kvalitete kao što su boja te udio suhe tvari i kiselina. Raspoloživost pojedinih hraniva i opskrba biljke vodom tijekom rasta i razvoja, kao i u pojedinim fazama rasta i razvoja, mogu utjecati na visinu prinosa kao i na kvalitetu ploda.

Rajčica je povrtlarska kultura koja je tolerantna na dosta širok raspon pH tla (5,5 -7,9). Tople, humozne ili pjeskovite ilovače, blago kisele reakcije, mrvičaste strukture, dobrog kapaciteta za zrak i dobre propusnosti za vodu optimalne su za uzgoj rajčice. Kod proizvodnje na otvorenom, u povoljnim klimatskim uvjetima prinos ovisi o količini hranjiva koje je biljka usvojila do kraja srpnja (Lešić i sur. 2004).

2.3. Hranidbena vrijednost rajčice

Rajčica se sastoji od 93-95% vode, 5-7% suhe tvari, organskih kiselina (citrične i malične), šećera (glukoze, fruktoze i saharoze), tvari netopivih u alkoholu (proteini, celuloza, pektin, polisaharidi), karotenoida i lipida (Preedy i Watson, 2008). Sadržaj titracijskih kiselina i pH ploda znatno varira ovisno o sorti rajčice. Kod zrele rajčice raspon pH vrijednosti ploda kreće se od 4.1-4.8. Organske kiseline sastoje se prvenstveno od limunske kiseline (9% ST) i malične (4% ST). Iako organske kiseline sudjeluju u samo 0,4% svježeg ploda, važan su čimbenik okusa ploda. Osim sadržaj šećera i kiselina, te njihovog odnosa, na okus rajčice utječu i komponente arome kojih je više od 400 pojedinačnih supstancija niskog vrelišta (Lešić i sur. 2004). Rajčica sadrži obilje kalija koji je važan za kontrolu osmotskog tlaka u krvi, funkciju bubrega i kontrolu kontrakcije srčanih mišića (Preedy i Watson, 2008).

Karoten likopen daje crvenu boju rajčici i njegov udio od ukupnih karotenoida iznosi 75-83%. β -karoten je odgovoran za žutu boju rajčice i iznosi 3-7%. U ljudskom organizmu likopen je prisutan u visokoj koncentraciji u krvnoj plazmi djelujući antioksidativno i antimutageno. β -karoten je glavni izvor vitamina A u ljudskoj prehrani. Retinol i retinoična kiselina značajni su za reprodukciju (spermatogenezu), regulaciju tjelesnog rasta i razvoja i diferencijaciju stanica (Cabalero i sur., 2005), te je važan u prevenciji oboljenja krvnih žila i karcinoma (Preedy i Watson, 2008). Koncentracija karotenoida u voću i povrću ovisi o kultivaru, ali i uvjetima uzgoja kao što je temperatura, količina sunčeve svjetlosti, genotipu, stadiju zrelosti i izloženosti stresu uvjetovanom sušom, visokom temperaturom ili hladnoćom (Cabalero i sur., 2005). Rajčica je jedan od važnih izvora vitamina, budući da je jedna od glavnih sirovina u prerađivačkoj industriji, a isto tako i zbog razmjerno velike potrošnje u ljetnim mjesecima (Lešić i sur. 2004).

Osim vitamina A, rajčica je značajna i po sadržaju vitamina B₁ (tiamin), B₂ (riboflavin), B₃ (niacin), B₅ (pantotenska kiselina), B₆, folna kiselina, biotin, vitamin E (tokoferol) i vitamina C (askorbinska kiselina) (Preedy i Watson, 2008). Prema Heuvelinku (2005) koncentracija vitamina C u 100 g svježeg ploda iznosi 8-120 mg/100g.

U prosječnoj prehrani, oko 90 % vitamina C dolazi iz voća i povrća, gdje je preporučena doza vitamina C po danu oko 100-120 mg za odraslu osobu, a isto tako je jedan od vitamina koji imaju zaštitnu ulogu od pojedinih vrsta karcinoma, štiteći od slobodnih radikala koji izazivaju stanična oštećenja (Kucharsky i sur., 2009).

Na sadržaj nutritivnih vrijednosti u plodu rajčice u velikoj mjeri mogu utjecati i temperatura zraka, relativna vlažnost zraka i intenzitet svjetlosti. Isto tako visoka relativna

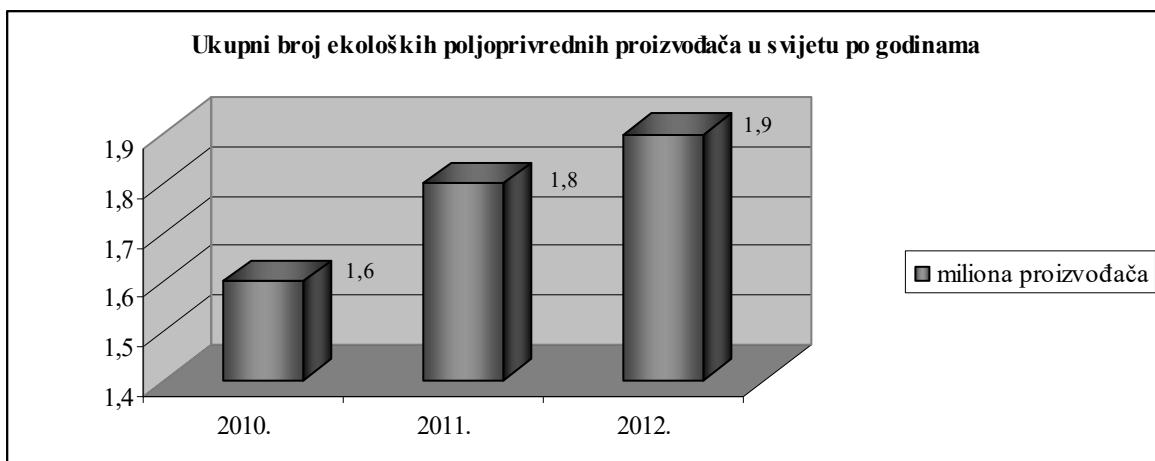
vlažnost zraka smanjuje transpiraciju, visok intenzitet svjetlosti može utjecati na količinu fotoasimilata dostupnih plodu, te samim time i na veći udio šećera, vitamina C i pigmenta likopena u plodu (Preedy i Watson, 2008). Isti autor navodi da oblik dušika koja je dostupna biljci također može utjecati na sadržaj vitamina C, te da su ekološki uzgojene rajčice kao i rajčice tretirane amonijskim gnojivima imale veći sadržaj vitamina C nego rajčice tretirane nitratnim gnojivima, ali navodi i mogući utjecaj navedenih faktora sa razdobljem aplikacije gnojiva i intenzitetom svjetlosti. Također navodi i pozitivni utjecaj povećanja koncentracije Ca na sadržaj vitamina C.

Prema (Lešić i sur. 2004) 100g svježeg ploda sadrži 2,6-32,7 mg natrija, 92-376 mg kalija, 13-20 mg magnezija, 10-21 mg kalcija, 7-53 mg fosfora, 0,4-1,2 mg željeza, 13-20 mg sumpora.

2.4. Ekološka proizvodnja u Hrvatskoj i svijetu

Ekološka proizvodnja je sustav proizvodnje gdje se maksimalno nastoji iskoristiti potencijale određenog ekosustava, pa se stoga posebni značaj daje povećanju sadržaja organske tvari tla, te poticanju bioloških procesa u tlu, posebno mikrobiološke aktivnosti. Poticanjem mikrobiološke aktivnosti rezultirat će boljim iskorištavanjem postojećih hraniva iz tla, održavanjem dobre strukture tla, efikasnijim iskorištavanjem vode iz tla, regulacijom štetnika, bolesti i korova putem prirodnih antagonizama kako bi se proizvele kvalitetnije, odnosno zdravije namirnice.

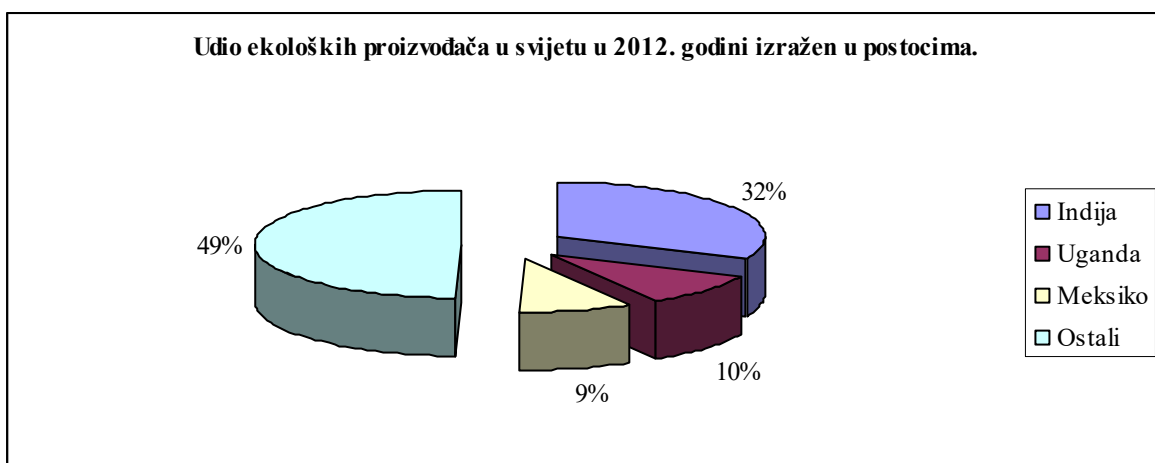
Broj ekoloških proizvođača u Hrvatskoj u 2003. godini iznosio je 130, dok je u 2013. godini iznosio 1609 proizvođača. Udio ekoloških površina u odnosu na ukupno korišteno poljoprivredno zemljište u 2010. godini iznosi 1,8% ili 23.282,37 ha, dok 2013. iznosi 3,12 % ili 40.576,00 ha (Ministarstvo poljoprivrede, Republike Hrvatske). Prema IFOAM godišnjem izvješću za 2012. godinu u svijetu postoji 1,9 miliona ekoloških proizvođača, u 2011. bilo je 1,8 miliona proizvođača, a 2010. 1,6 miliona proizvođača (Grafikon 1).



Grafikon 1. Porast broja ekoloških proizvođača u svijetu u razdoblju od tri godine

Izvor: IFOAM godišnja izvješća za 2010., 2011. i 2012. godinu.

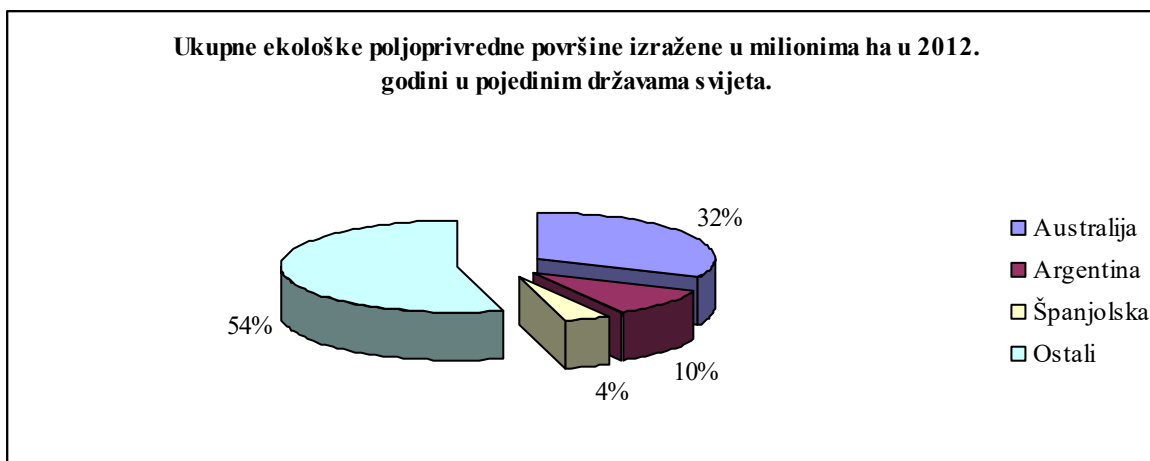
Najveći broj ekoloških proizvođača bilježi Indija sa 600.000, Uganda 189.610 i Meksiko 169.707 (Grafikon 2).



Grafikon 2. Zastupljenost ekoloških proizvođača po državama svijeta u 2012. godini.

Izvor: Internet stranica IFOAM.

Ekološke površine u 2012. godini iznosile su 37,5 miliona ha, u odnosu na 1999. koja bilježi 11 miliona ha. Najviše ekoloških proizvodnih površina nalazi se u Australiji i iznosi 12 miliona ha, Argentina 3,6 miliona ha. U Europskoj Uniji najviše ekoloških proizvodnih površina ima Španjolska 1,6 miliona ha (Grafikon 3).



Grafikon 3. Zastupljenost ekoloških poljoprivrednih površina u pojedinim državama svijeta u 2012. godini.

Izvor: Internet stranica IFOAM.

2.5. Utjecaj ekološke poljoprivredne proizvodnje na kakvoću proizvoda

Kakvoća prehrambenih proizvoda propisana je standardima, očituje se različitim pokazateljima ovisno da li se radi o proizvodima za daljnju preradu ili konzumaciju u svježem stanju. Zahtjevi za kakvoćom u prerađivačkoj industriji mogu se bazirati na udjelu suhe tvari, šećera i sl. Za trgovce to može biti skladišna sposobnost proizvoda, dok za krajnjeg kupca proizvoda u svježem stanju na tržnicama ili policama trgovine kakvoću prvenstveno određuju organoleptičke karakteristike. Prema Znaoru (2006) pojam kakvoće proizvoda određuje više čimbenika:

1. Vanjski izgled (veličina, masa, boja, oblik, oštećenja uzrokovana bolestima i štetnicima),
2. Osjetilni ili subjektivni parametri (okus, tekstura i sl.),
3. Mjerljivi ili objektivni parametri (količina hlapivih tvari, deformacije prilikom kuhanja i sl.),
4. Količina suhe tvari,
5. Tehnološka kakvoća:
 - skladišna sposobnost (oslobađanje CO₂, enzimatska i mikrobiološka aktivnost, gubitak suhe tvari, otpornost spram truljenja itd.)
 - prikladnost za preradu (količina poželjnih tvari npr. postotak šećera, ulja, glutena, itd.),

6. Prehrambena kakvoća (hranjive tvari):

- sadržaj poželjnih tvari (vitamini, šećeri, mineralne tvari, bjelančevina, celuloze, ulja itd.),
- sadržaj nepoželjnih tvari (nitrata, rezidua pesticida i veterinarskih preparata, teških metala, prirodnih toksina, aditiva, hormona, stimulatora rasta, patogena, radioaktivnosti itd.),

Znaor (1996) navodi da prema nekoliko istraživanja, radi manjeg udjela vode i slabije mikrobiološke i enzimatske aktivnosti, eko-proizvod ima bolje skladišne sposobnosti. Budući da se sadržaj sirovih bjelančevina znatno povisuje dodatkom mineralnih dušičnih gnojiva, u eko-proizvodu taj sadržaj je niži. U prosjeku više od 97% eko proizvoda ne sadrži ostatke pesticida, dok kod konvencionalnih proizvoda taj postotak iznosi oko 60% (Znaor, 1996). Sadržaj teških metala i nitrata u eko proizvodima također je manji u odnosu na konvencionalno proizveden proizvod. Sadržaj nepoželjnih tvari u proizvodu koji je veći od maksimalne propisane dozvoljene količine, te njihovi međuprodukti u organizmu mogu predstavljati opasnost za zdravlje ljudi i životinja. Budući da u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji nije dopušteno korištenje mineralnih gnojiva proizvedenih sintetskim putem, a isto tako ni pesticida, mogućnost sadržaja nepoželjnih tvari znatno je manji od konvencionalne proizvodnje.

2.6. Arbuskularne mikorizne gljive, mogućnosti ostvarivanja simbioze, te dobrobit simbiotskog odnosa za biljke

Mikorizne gljive su mikroskopski sitne gljive, koje u određenim uvjetima imaju sposobnost stvaranja simbioze s biljkom domaćinom. Simbioza između korijena biljke i mikoriznih gljiva bila je prepoznata rane 1800. godine, a danas se smatra najraširenijim oblikom simbioze na zemlji. Mikorizne gljive se smatraju „živućim fosilima“ jer su preživjele i razvijale se unazad 460 miliona godina (Koltai i Kapulnik, 2010).

Na osnovi kompatibilnosti pojedinih mikoriza s biljkama domaćinima, te načina uspostave simbioze u odnosu na korijen, mikorizne gljive podijeljene su u sedam tipova gljiva (Peterson i sur., 2004):

- 1) Vezikularno arbuskularna mikoriza (VAM)
- 2) Ektomikoriza
- 3) Ektendo – *Pinaceae* (*Pinus*, *Larix*)
- 4) Arbutoidna - (red: *Ericales*; porodica *Pyrolaceae*; rod: *Arctostaphylos* i *Arbutus*)

- 5) Monotropoidna – porodica: *Ericaceae*, *Monotropoideae*; rod: *Allotropa*, *Cheilothea*, *Hemitomes*, *Monotropa*, *Monotropantham*, *Monotropsis*, *Pityopus*, *Pleuricospora*, *Pterospora*, *Sarcodes*
- 6) Erikoidna – (red *Ericales*, porodica : *Ericaceae*, *Epacridaceae*, značajnije su *Vaccinium* vrste)
- 7) Orhidejska – porodica *Orchidaceae*; oko 450 rodova i preko 17.000 vrsta.

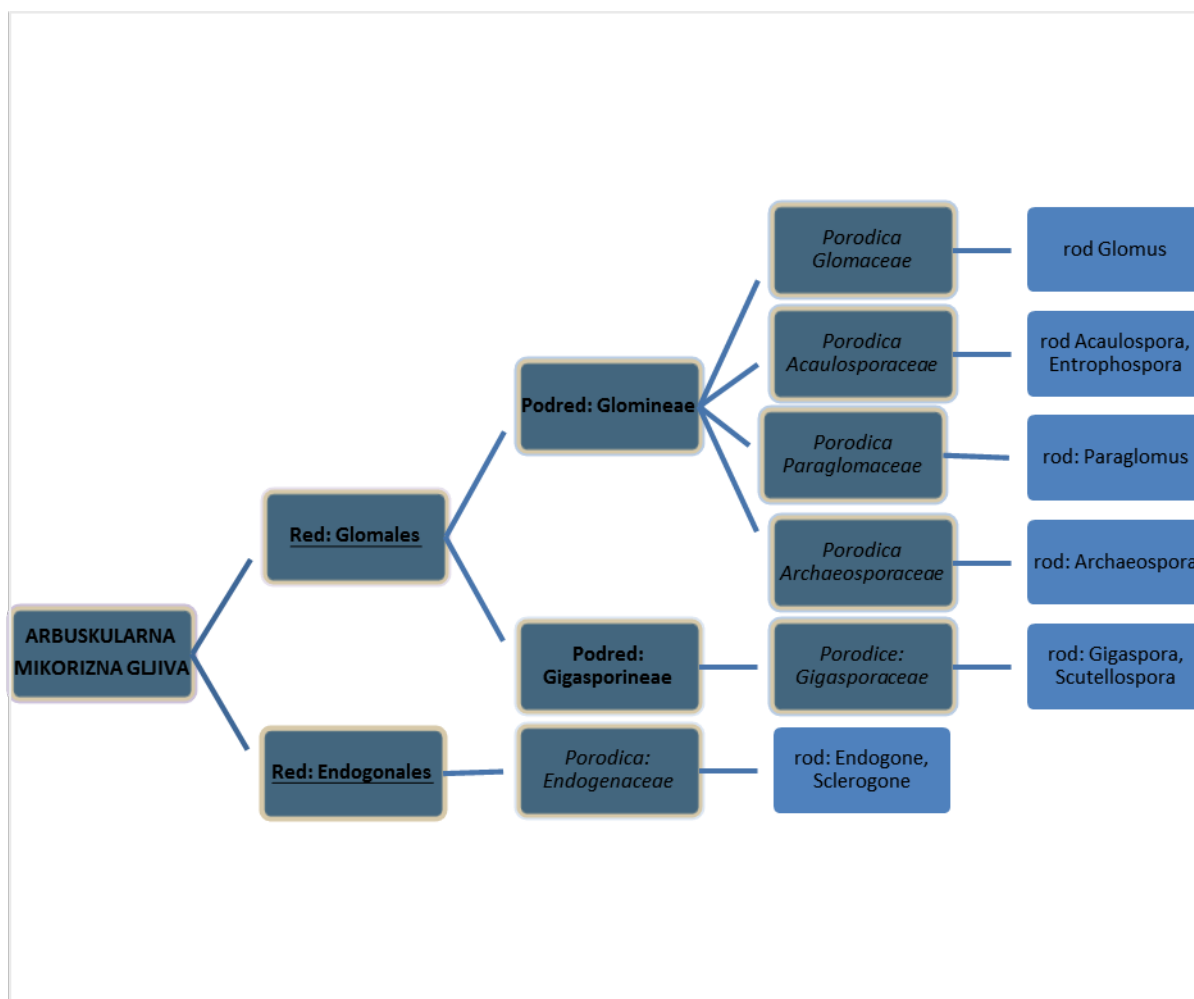
Shemom 2 dat je prikaz osnovne podjele mikoriznih gljiva.



Shema 2. Podjela mikoriznih gljiva.

Izvor: Peterson L.R. , Massicotte H.B., Melville L.H. (2004). *Mycorrhizas, Anatomy and cell biology*, CABI Publishing

Arbuskularna mikoriza (Shema 3) najraširenija je vrsta mikoriza i sposobna je ostvariti simbiozu sa 80 % biljnih vrsta za razliku od ektomikorize koja može ostvariti simbiozu sa samo 3% biljnih vrsta. U skupinu biljnih vrsta koje ne mogu ostvariti simbiozu s arbuskularnom mikorizom ubrajaju se *Brassicace*, *Polygonaceae* i *Chenopodiaceae*. Za povrćarsku proizvodnju značajne su arbuskularne mikorizne gljive jer većina povrtnih kultura može uspostaviti simbiozu s tim tipom mikoriznih gljiva. Vezikularno arbuskularna mikorizna gljiva prvobitni je naziv za arbuskularnu mikorizu (AM), no danas se taj termin sve manje koristi.



Shema 3. Podjela arbuskularnih mikoriznih gljiva

Izvor: Gupta R. 2004, Mehrotra V.S.2005.

Značajke interakcije korijena i mikorizne gljive:

1. Mikoriza unaprjeđuje usvajanje hraniva iz tla od strane biljke.

Potrebe biljaka za fosforom su velike. Veliki broj tala sadrži visoki sadržaj fosfora, koji često dolazi u kompleksnom organskom ili anorganskom obliku te ne mogu biti usvojeni od strane biljaka (Koltai i Kapulnik, 2010). Budući da se uspostavom simbioze između arbuskularne mikorize i biljke domaćina mijenja i morfologija korijena, tako je pomoću ekstraradikalnih hifa omogućena dostupnost većem volumenu i sitnijim porama tla.

(Marschner, 1995.) navodi da visoka efikasnost u usvajanju fosfora hifama nije samo rezultat manjeg promjera i veće dostupne površine, nego i akumulacije fosfata u njihovim vakuolama koje imaju skladišnu funkciju. Slično korijenu biljke arbuskularne mikorizne gljive u vanjskim hifama također posjeduju aktivnost fosfataze te na taj način imaju pristup organski vezanom fosforu u „hifosferi“. Unos fosfata iz tla u extra radikalne hife i prijenos fosfata preko membrane arbuskule biljci odvija se pomoću transportnih proteina (Koltai i Kapulnik, 2010). Arbuskularna mikorizna gljiva može usvojiti dušik iz tla u formi NO_3^- i NH_4^+ , (Koltai i Kapulnik, 2010) te navode da glavni izvor dušika predstavljaju aminokiseline odnosno arginin koji nakon izgradnje u ekstraradikalnom miceliju predstavlja glavnu formu u kojoj je dušik transportiran kroz hife u intraradikalni micelij gdje arginaza i ureaza cijepaju arginin, te se NH_4^+ prenosi biljci. Isti autori također navode da se NO_3^- odmah nakon usvajanja reducira u ekstraradikalnom miceliju i služi za sintezu arginina.

2. Omogućuje biljci bolji pristup vodi u tlu.

Ekstraradikalne hife omogućuju korijenovom sustavu bolji pristup vodi u sitnijim porama tla što može štititi biljku od stresa uzrokovanog sušom (Ruiz-Lozano i Aroca, 2010).

Marschner (1995) navodi da se veći intenzitet korištenja vode iz tla mikoriziranih biljaka u odnosu na nemikorizirane javlja kao indirektni efekt budući da ekstraradikalne hife mijenjaju strukturu tla.

3. Povećava otpornost korijena biljaka na neke patogene mikroorganizme.

Primjenom mikorize moguće je povećati otpornost korijena biljaka i na neke patogene mikroorganizme kao što su *Phitophthora sp.*, *Fusarium sp.*, *Pythium sp.* i nematode (Novak, 1998). Koltai i Kapulnik (2010) navode da postotak zaštite uvelike ovisi o vrsti arbuskularne mikorizne gljive, *Glomus mossae* pokazuje veći zaštitni učinak u odnosu na druge arbuskularne mikorize. Isti autori navode da nekoliko mehanizama djeluje istovremeno u povećanju otpornosti mikoriziranih biljaka prema patogenima u tlu. Osim moguće kompeticije za ugljikom između arbuskularne mikorize i patogena, mikorizna kolonizacija

mijenja sastav eksudata korijena što značajno reducira sporulaciju. Strigolaktoni su signalne molekule izlučene iz korijena biljke koje stimuliraju klijanje spora i grananje hifa te su stoga neophodne za ostvarivanje simbioze između arbuskularne mikorizne gljive i biljke domaćina. Prvotno su strigolaktoni bili poznati kao stimulatori klijavosti parazitskih biljaka Striga i Orobanche. Arbuskularno mikorizna inokulacija reducira proizvodnju strigolaktona (Koltai i Kapulnik, 2010). Prema Marschner (1995) radi se o nekoliko specifičnih interakcija u koje se ubrajaju promjene u eksudaciji korijena i rizosfernoj mikroflori, promjene u fiziologiji (obrambena reakcija) i anatomiji korijena domaćina, te navodi da se u nekoliko slučajeva suzbijanje patogena korijena pripisuje povećanom nutritivnom statusu biljke domaćina. Koltai i Kapulnik (2010) navode da je biljka sposobna ograničiti kolonizaciju arbuskularnom mikoriznom gljivom za vrijeme već uspostavljene simbioze (autoregulacija), te da mehanizam koji djeluje u autoregulaciji može također utjecati na interakciju biljaka i patogena te navodi mogućnost da nivo nekoliko fitohormona, uglavnom salicilne i jasmonske kiseline, etilena i abscizinske kiseline reguliraju obrambeni odgovor biljke.

4. Može štiti biljku od teških metala i soli.

Mikoriza također može štiti biljku od pre velike koncentracije teških metala i soli. Prema nekim istraživanjima, glomalin na sebe može vezati toksične metale kao što su Cd, Pb, Mn i Fe te samim time utječe na koncentraciju istih u biljci domaćinu. Prema Koltai i Kapulnik (2010) glomalin može vezati do 4 mg Cu po 1 g proteina, također veže Fe, Mn, Pb i Cd sa slabijim afinitetom. Reakcija biljaka na onečišćenje tla teškim metalima varira ovisno o izolatu i vrsti arbuskularne mikorizne gljive što se očituje povećanim ili smanjenim usvajanjem teških metala od strane biljaka. Odabir prikladne biljne i mikorizne vrste može osigurati smanjenje opasnosti za zdravlje za vrijeme proizvodnje usjeva i unaprijediti održivu poljoprivredu i tehnologiju fitoremedijacije uključujući fitoextrakciju (Koltai i Kapulnik, 2010). Isti autori navode da gljive izolirane iz onečišćenog tla povećavaju tolerantnost biljke prema teškim metalima te smanjuju koncentraciju u izdancima. Koltai i Kapulnik, (2010) također navode da biljke inokulirane arbuskularnom mikoriznom gljivom izoliranom iz onečišćenog područja teškim metalima u biljnom tkivu sadržale manje teških metala nego biljke koje su bile inokulirane gljivom izoliranom iz ne onečišćenog tla.

5. Može poboljšati strukturu tla.

Mikorizne hife *Glomus* vrste luče protein glomalin koji ima sposobnost cementnih tvari te utječe na stabilnost strukturnih agregata.

Za razvoj biljke neophodni su biljni hormoni. Arbuskularne mikorizne gljive proizvode hormone ili stimuliraju proizvodnju hormona u biljkama, također mogu povišati nivo citokinina u biljci domaćinu i isto tako promijeniti nivo abscizinske kiseline (Novak, 1998). Također predstavljaju signal interakcije između biljaka i mikroba kako simbiotički tako i patogeni. Auksin su neophodni za rast korijena dok bi citokinini mogli sudjelovati u prepoznavanju i ostvarivanju simbioze sa mikoriznom gljivom. Jasmonska i abscizinska kiselina su neophodne za pravilno formiranje arbuskula (Koltai i Kapulnik, 2010). Isti autori navode primjer gdje proizvodnja hormona simbionta (gljive) može utjecati na proizvodnju hormona domaćina. Budući da hife *Glomus intraradices* proizvode abscizinsku kiselinu moglo bi predstavljati rani signal za povećanje sinteze IBA u mladom korijenu kako bi se povećao broj lateralnog korijena kao moguće mjesto ulaska za gljivu. Abscizinska kiselina (ABA) je također poznata i kao stres hormon čija se koncentracija povećava kasnije za vrijeme simbioze, gdje njeno povećanje može doprinijeti toleranciji prema stresu u korijenu primjerice prema suši. Glavni korisni efekt ABA-e za vrijeme stresa uzrokovanog sušom je induciranje zatvaranja puči kao i sinteza zaštitnih proteina od stresa uzrokovanog sušom. Simbioza između arbuskularne mikorizne gljive i biljke domaćina za vrijeme stresa uzrokovanog sušom doprinosi promjenama u vrijednostima transpiracije i efikasnosti korištenja vode.

2.7. Utjecaj okoliša na mogućnost ostvarivanja simbioze

Arbuskularne mikorizne gljive formiraju spore u tlu koje su sposobne proklijati pod određenim uvjetima ali ne mogu završiti svoj životni ciklus bez biljke domaćina. Uvjeti pod kojima dolazi do klijanja spora igraju najvažniju ulogu u prirodi, a u faktore klijavosti ubrajaju se pH, temperatura, vlaga, mineralna i organska hraniva, biljka domaćin i postojanje drugih mikroorganizama. Razlike u klijavosti spora unutar vrsta i rodova najčešće su povezane sa okolišem gdje mikorizne gljive žive i na koji su adaptirane. Prema Koltai i Kapulnik (2010) spore *G. mosseae* izolirane sa površina na kojima su uzgajane žitarice, pokazivale su najbolju klijavost spora na tlima pri pH tla između 6 i 9, dok kod pH tla 4 i 5 spore nisu proklijale. Klijanje spora iste vrste mikorizne gljive izolirane sa poljoprivrednog zemljišta pri pH 4,5 također nije pokazalo rezultate. Druga vrsta roda *Glomus* najbolje rezultate klijavosti pokazala je pri pH 6-8, te je bila sposobna inficirati korijen i razmnožiti se. Klijavost spora uvelike ovisi o temperaturi a ograničenja klijavosti ovise o vrstama mikoriznih gljiva. Različitosti u rasponu temperatura klijavosti unutar *Glomeromycota* ovise o

području iz kojeg gljiva potječe. Koltai i Kapulnik (2010) navode izolate sa Floride, *G. coralloidea* i *G. heterogama* koji najvišu klijavost pokazuju na 34°C, dok *G. mossae* izoliran na sjevernijem području pokazuje maksimum klijavosti pri 22°C s nemogućnošću klijavosti pri 34°C. Najbrža klijavost spora *G. gigantea* je postignuta pri 30°C, dok pri 15°C nije došlo do klijanja, te je samo 6% spora proklijalo pri 35°C. Izlaganje *G. caledonium* temperaturi od 60°C u roku od 5 minuta imalo je letalni ishod. Isti ishod imaju temperature iznad 60°C za *G. intraradices* i *G. mosseae*.

Zasićenost tla vodom može imati različit utjecaj na klijavost spora ovisno o vrstama arbuskularnih mikoriznih gljiva, ali i o uvjetima vlažnosti tla okoline u kojoj su gljive adaptirane. Isti autori navode da su periodi vlaženja i sušenja tla najvažniji čimbenici koji utječu na preživljavanje, klijanje i infektivnosti u prirodi. Klijavost spora različitih vrsta arbuskularne mikorizne gljive smanjuje se povećanjem koncentracije fosfora u tlu. In vitro istraživanja pokazala su da na klijavost spora *G. mosseae* i *G. caledonium* na agar podlozi koncentracija fosfora do 30 mM nije imala negativnog utjecaja dok je iznad navedene koncentracije klijavost smanjena za 56%. Slični rezultati dobiveni su sa *G. margarita*, gdje se pokazala dobra klijavost do 16 mM otopini fosfata. Koltai i Kapulnik (2010) navode da Mn i Zn inhibiraju klijanje spora *G. mosseae*, kao i negativni utjecaj Mn, Zn i Cu na klijanje spora *G. caledonium*. Povećana koncentracija P i N u otopini tla često negativno utječe na razvoj intra i extra radikalnih hifa. U uvjetima u kojima arbuskularna mikorizna gljiva ne doprinosi usvajanju hraniva, biljka smanjuje opskrbom fotoasimilatima svojega simbiotskog partnera, te je stupanj kolonizacije smanjen.

Glavni uvjet suživota arbuskularne mikorizne gljive i biljke domaćina je međusobna razmjena hraniva. Ukoliko je došlo do uspostavljanja simbioze, arbuskularna mikorizna gljiva razvija hife i arbuskule unutar stanica korijena. Hife arbuskularne mikorizne gljive imaju sposobnost prodiranja u vrlo sitne pore i omogućuju biljci korištenje vode i hranjiva ponajviše fosfata i nitrata iz dijelova tla koje korijenu u ne inokuliranom stanju nisu dostupne. Diametar hifa iznosi 2-5μ, dok diametar korijenja iznosi 10-20μ (Rapparini i Penuelas, 2014). Na taj način arbuskularna mikoriza poboljšava unos nutrijenata biljci, osobito N i P. Za uzvrat mikorizna gljiva od biljke domaćina prima ugljik u obliku monosaharida heksoze neophodnog za svoj rast i razvoj (Siddiqui i sur., 2008). Budući da arbuskularna mikorizna gljiva potpuno ovisi o domaćinu, ona može primiti do 20% biljnih asimilata (Koltai i Kapulnik, 2010).

2.8. Fotosinteza u inokuliranim biljkama

Biološki prinos (proizvodnja ukupne suhe tvari) kao i poljoprivredni prinos (dio ili dijelovi zbog kojeg se biljka uzgaja) u prvom su redu povezani sa fotosintezom (Marschner, 1995). Intenzitet fotosinteze je količina usvojenog CO_2 po jedinici površine lista u jedinici vremena, dok je neto fotosinteza intenzitet fotosinteze umanjen za intenzitet disanja. Na intenzitet fotosinteze mogu utjecati biotski činitelji (koncentracija klorofila u listu, veličina lisne površine, starost lista i položaj lista) i abiotski činitelji (svjetlost, temperatura, koncentracija CO_2 , mineralna ishrana i voda) (Vukobratović, 2009). Svjetlost (intenzitet osvjetljenosti, spektralni sastav svjetlosti), povećanjem intenziteta osvjetljenja raste i povećava se potreba za CO_2 te samim time i fotosinteza. S porastom temperature raste i intenzitet disanja što umanjuje fotosintezu. Visoka koncentracija CO_2 uzrokuje zatvaranje pući te je samim time smanjena difuzija i ulazak CO_2 u list. Mineralna ishrana u velikoj mjeri utječe na fotosintezu. Nedostatak dušika uzrokuje formiranje manje asimilacijske površine, otežanu tvorbu i manji sadržaj klorofila i brže starenje biljke. Deficit dušika smanjuje intenzitet fotosinteze kao i stomatalnu provodljivost kod rajčice (Heuvelink, 2005). Suvišak dušika uzrokuje preveliku lisnu masu, slabo mehaničko tkivo, polijeganje biljaka, kasnije dozrijevanje i neotpornost na bolesti i vremenske uvjete. Fosfor utječe na stvaranje i postojanost biljnih pigmenata, sastavni su dio koenzima za prijenos energije. Preveliki sadržaj fosfora stimulira disanje i smanjuje produktivnost fotosinteze. Kalij sudjeluje u aktivaciji brojnih enzima, hidratiziranosti protoplazme i regulaciji rada pući. Sumpor ulazi u sastav metionina i cisteina. Deficit sumpora smanjuje sadržaj klorofila u listu (budući se u kloroplastu lista nalazi visoki udio proteina), te reducira asimilacijsku površinu. Željezo omogućuje sintezu klorofila dok je magnezij njegov sastavni dio. Voda je prenositelj tvari kroz biljku, uvjetuje otvorenost pući i ulazak CO_2 što utječe na intenzitet fotosinteze. Smanjen intenzitet fotosinteze može biti izazvan smanjenim sadržajem vode u listu, što može biti uzrokovano smanjenom vlažnosti tla i zraka, pojačanom transpiracijom i disanjem, porastom koncentracije hranjivih tvari u otopini tla (Vukobratović, 2009; Marschner, 1995). Sinteza „stres hormona“ apscizinske kiseline (ABA) nastaje kao brzi odgovor na okolišne čimbenike kao što je nedostatak vode, te relativno brzo kao odgovor na nedostatak dušika (Marschner, 1995). Isti autor navodi da ABA također povećava permeabilnost membrana (zatvaranje pući) te da jasmonska kiselina, čija se sinteza također povećava za vrijeme stresa uzrokovanog sušom, također inducira sintezu „stres proteina“ i zatvaranje pući.

Stalna izloženost biljaka različitim negativnim okolišnim čimbenicima kao što su suša i visoke temperature uzrokuju abiotiski stres čiji utjecaj može imati veliki značaj produktivnost biljaka ali i za njezino preživljavanje. Dehidracija kao rezultat stresa uzrokovanog sušom predstavlja disbalans između gubitka vode putem listova i vode usvojene korijenom. Smatra se da simbioza arbuskularne mikorizne gljive i biljke domaćina može zaštititi biljku od štetnog utjecaja pomanjkanja vode uslijed suše ili zaslanjenosti tla. Budući da tijekom simbioze dolazi do razmjene nutrijenata, te biljka u zamjenu za fosfor i dušik daje ugljik simbiotskom partneru. Smatra se da mikorizirane biljke imaju bolju opskrbu fosforom što se navodi kao mogući razlog povećane fotosintetske aktivnosti u odnosu na kontrolnu skupinu, te da se aplikacijom fosfora kontrolnoj skupini taj efekt poništava. Druga istraživanja pokazala su povećano usvajanje CO₂ kod inokulirane skupine kod sličnog sadržaja dostupnog fosfora ta se kao mogući razlog navodi povećana koncentracija klorofila. Vrijednosti stomatalne provodljivosti također su bile povećane. Sadržaj CO₂ i vode koja je dostupna biljci su važni limitirajući čimbenici za fotosintetsku aktivnost. Utjecaj arbuskularne mikorizne simbioze na efikasnost korištenja vode ovisi o vrsti arbuskularne mikorizne gljive koja sudjeluje u simbiozi bez obzira na postotak infekcije korijena, ali je povezan s višim vrijednostima neto fotosinteze (Koltai i Kapulnik, 2010), te navode da utjecaj koloniziranog tla arbuskularnom mikoriznom gljivom, odnosno sadržaj hifa u tlu ima veći utjecaj na stomatalnu provodljivost nego kolonizacija korijena, i da kolonizirano tlo može utjecati na fiziologiju ne inokuliranih biljaka. Istraživanja utjecaja različitih arbuskularnih mikoriznih gljiva na fotosintezu i stomatalnu provodljivost kod salate u uvjetima stresa izazvanog sušom pokazala su da mikorizna gljiva utječe na povećanje oba parametra, no kada je izračunat odnos vrijednosti istih parametara (transpiracijska efikasnost, $TE=A/gs$) samo je nekoliko arbuskularnih mikoriza utjecalo na povećanje transpiracijske efikasnosti. Arbuskularna mikorizna gljiva može utjecati na povećanje odnosno smanjenje vrijednosti stomatalne provodljivosti i transpiracije, što se povezuje sa ABA/citokinin odnosom u listu te samim time regulira otvorenost puči i njihovu provodljivost (Koltai i Kapulnik, 2010).

3. MATERIJALI I METODE

Istraživanje u svrhu izrade diplomskog stručnog rada provedeno je tijekom vegetacijske sezone 2012. godine na pokusnoj površini Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Univerziteta u Mariboru, Slovenija. Rajčica (*Lycopersicon esculentum*) sorte Optima F1, inokulirana je za vrijeme sjetve (19. ožujka 2012.) sa različitim koncentracijama (2,5; 5 i 10 g/l supstrata) mješavine mikoriznih gljiva *Glomus* spp.

- Mješavina mikoriznih gljiva je sadržavala: *Glomus intraradices* BEG140, *G. mosseae* BEG95, *G. etunicatum* BEG92, *G. claroideum* BEG96, *G. microaggregatum* BEG56, *G. geosporum* BEG199.

Hibrid Optima je srednje rana i indeterminantna sorta rajčica. Pogodna je za uzgoj na otvorenom i u zaštićenom prostoru. Razvija srednje bujne biljke s dobrom pokrivenošću plodova. Plodovi su okrugli, čvrsti, težine 200 do 250g. Karakteristična su zvjezdasta napuknuća ploda u predjelu stapke. Rezistentna je na: virusni mozaik rajčice (ToMV), zeleno venuće (V), fuzariozno uvenuće rajčice vrste 1 (F1), fuzariozno uvenuće rajčice vrste 2 (F2), Nematode (N).

Presadnice su bile presađene na otvoreno 31. svibnja 2012. i uzgajane u uvjetima bez gnojide i navodnjavanja. Pokus je postavljen u tri ponavljanja, po sistemu slučajnog bloknoeg rasporeda u tri ponavljanja od kojih je svako ponavljanje sadržavalo kontrolnu varijantu i tri varijante s različitim koncentracijama inokuluma. Svaka varijanta sadržala je po osam presadnica rajčica. Berbe plodova rajčice su se provodile u srpnju, kolovozi i rujnu 2012. godine u stadiju pune zrelosti, a na kraju sezone pobrane su rajčice u fazi zelene zriobe. Kemijska analiza biljnog materijala i kemijska analiza uzoraka tla izvršena je u Agrokemijskom laboratoriju Visokoga gospodarskog Učilišta u Križevcima. Uzorci tla za kemijsku analizu uzeti su u razdoblju prije sadnje i nakon zadnje berbe. Uzorkovani su svi tretmani unutar svake repeticije na dubini od 0-30 cm. Uzorci su pomiješani u prosječne uzorke svakog tretiranja. Uzorci su posušeni na zraku, usitnjeni, te prosijani kroz sito od 2 mm. Reakcija (pH) otopine tla u H₂O i MKCl određena je digitalnim pH-metrom s elektrodama, koji je prethodno kalibriran sa standardnim otopinama poznatih pH vrijednosti (pH 4 - pH 7). Sadržaj humusa određivan je metodom po Tjurinu (JDPZ, 1966). Određivanje udjela humusa u tlu po Tjurinu zasniva se na potpunoj oksidaciji humusa s kalijskim bikromatom u sumporno kiselom mediju. Preostala količina bikromata koja nije utrošena za oksidaciju humusa u tlu određuje se retitracijom sa standardnom otopinom Mohrove soli. Za interpretaciju količine humusa koriste se granične vrijednosti po Gračaninu.

Najčešći postupak ispitivanja biljkama pristupačnog fosfora i kalija u tlu je AL-metoda. Metodu ekstrakcije fosfora i kalija iz tla kiselom otopinom amonijskog laktata razvili su Egner, Riehm, Domingo (Egner i sur., 1960). Udio ukupnog dušika određivan je metodom po Kjeldahlu (AOAC, 1995). Za analitičke svrhe kemijske analize biljnog materijala korišteni su plodovi pobrani u rujnu u stadiju pune zrelosti. Analizirano je po tri uzorka svakog tretmana. Utvrđen je sadržaj suhe tvari, pH, sadržaj vitamina C, titracijske kiseline, sadržaj šećera, sadržaj NPK u suhom uzorku, a iz sadržaja ukupnog dušika preračunat je sadržaj proteina. Za analizu pH, šećera, vitamina C i ukupnih kiselina u plodu rajčice uzorci su homogenizirani i filtrirani, te su u soku izmjereni navedeni parametri. U homogeniziranim i filtriranim uzorcima pH ploda određen je digitalnim pH-metrom sa elektrodama koji je prethodno kalibriran sa standardnim otopinama poznatih pH vrijednosti (pH 4 - pH 7). Za analizu šećera svježi uzorci su se homogenizirali i filtrirali te su očitani uz pomoć refraktometra s Oechler skalom. Izračun postotka šećera rađen je prema sljedećoj jednadžbi:

$$1^{\circ}\text{Oe} = 0,2 \% \text{ Brix}$$

$$\% \text{ šećera} = (\text{očitana vrijednost } ^{\circ}\text{Oe} \times 0,266) - 3$$

Vitamin C određivan je titracijski sa 2,6- diklorofenol-indofenolom (DCPIP) u 5 ml uzorka te je izračunata njegova koncentracija u mg na 100 g svježeg uzorka po sljedećoj formuli: *Sadržaj C vit (mg AK/100 g uzorka) = mg AK u alikvotu x Faktor DCIP x 2 x 100*. Za određivanje titracijskih kiselina 10 ml filtrata je titrirano sa 0,1N NaOH i preračunato kao limunska kiselina.

$\text{TK} = \text{ml NaOH} \times \text{N(NaOH)} \times \text{faktor kiselosti} \times 10 \text{ ml filtrata}$, gdje je faktor kiselosti za:

Limunsku kiselinu = 0,064

Maličnu kiselinu = 0,067

Tartarnu kiselinu = 0,075

U plodu rajčice prevladava limunska kiselina sa udjelom ~9% ST, te malična kiselina sa udjelom ~4% ST.

Za izračun sadržaja suhe tvari dio homogeniziranog uzorka je vagnut i stavljen na sušenje 48 sati pri temperaturi od 70°C.

Za analizu sadržaja dušika, kalija i fosfora u plodu rajčice uzorci su sušeni 6 sati na temperaturi od 105°C, samljeveni i čuvani u sušioniku do trenutka upotrebe. Za određivanje sadržaja N, P i K u plodu korištene su sljedeće metode: kalij je određivan plamen forometrijskom metodom, fosfor spektrofotometrijski i koncentracija ukupnog dušika Kjeldahl metodom.

U svrhu analize korijena uzeti su uzorci prije presađivanja rajčice na otvoreno i nakon zadnje berbe, uzorkovao se svaki tretman unutar svakog ponavljanja. Uzorci su analizirani na prisutnost mikorize bojanjem korijena 0,05% Trypan blue metodom. Navedenu metodu bojanja razvili su Phillips i Hayman (1970).

Uzeti uzorci korijena oprani su od supstrata u vodi i posušeni. Kako bi opservacija uzorka bila što jasnija uzorak se čisti od biljnog pigmenta u 10% KOH 24 sata na sobnoj temperaturi. Nakon inkubacije u 10% KOH uzorak se lagano ispirao pet puta u destiliranoj vodi, te je sljedila acidifikacija u 1% HCl u trajanju od 15 minuta. Bojanje uzorka rađeno je potapanjem u 0,05% Trypan blue otopinu 24 sata. Nakon bojanja uzorci su isprani destiliranom vodom i stavljeni u konzervacijsku otopinu laktoglicerola. Obojeni uzorci su stavljeni na predmetno stakalce, mikroskopirani pod svjetlosnim mikroskopom i fotografirani. Uzorci uzeti nakon zadnje berbe fotografirani su kako bi se vidjele razlike u morfologiji korijena, odnosno razvoju korjenovih dlačica kod inokuliranih rajčica u odnosu na kontrolnu skupinu.

Na sadržaj N, P, K analizirani su prosječni uzorci korijena. Uzorci korjenovih dlačica su posušeni na 70°C 24 sata, te su samljeveni i dosušeni na 105°C. Kalij je određivan plamen forometrijskom metodom, fosfor spektrofotometrijski i koncentracija ukupnog dušika Kjeldahl metodom.

Analiza prinosa i klasiranje ploda rajčice rađeno je na Fakultetu za kmetijstvo in biosistemske vede, Univerziteta u Mariboru, Slovenija.

Tehnološki zreli plodovi brani su svakih 15 dana, klasirani, brojani i vagani. Prva berba obavljena je 27.srpnja 2012. a zadnja berba 27.rujna 2012. Ukupno je bilo 7 berbi.

Klasirani su prema pravilniku o tržišnim standardima za povrće izdanom od strane Ministarstva poljoprivrede Republike Slovenije u ekstra klasu, I klasu, II klasu i ne tržne plodove. Tržni standardi za rajčicu Ministarstvo poljoprivrede Republike Slovenije (izvedbena uredba komisije EU) št. 543/2011 z dne 7. junija 2011, o določitvi podrobnih pravil za uporabo Uredbe Sveta (ES) št. 1234/2007 za sektorja sadja in zelenjave ter predelanega sadja in zelenjave):

Minimalni zahtjevi s obzirom na kakvoću i odstupanja:

Proizvodi moraju biti:

- Neoštećeni,
- Zdravi proizvod, oni koji su gnjili ili oštećeni se eliminiraju,
- Bez oštećenje uzrokovana štetnicima,
- Svježeg izgleda, bez suvišne vlage na površini, bez stranog mirisa i okusa,

- Proizvod mora biti dovoljno razvijen i zreo, da podnese transport i rukovanje.

Ekstra klasa

- Odlične kakvoće, s čvrstim mesom, izgled, oblik i razvijenost mora karakterizirati sortu,
- Bez zelenog prstena, neznatne površinske nepravilnosti koje ne utječu na opći izgled i održavanje kvalitete.

I. klasa

- Dobre kakvoće, čvrst i značajan za sortu, bez napuknuća i zelenog prstena,
- Dozvoljeni su blagi nedostaci u obliku, obojenosti, oštećenju kože, neznatna nagnječenja,

II. klasa

- Ispunjava minimalne zahtjeve, primjereno čvrst, ne smije imati nezarasla napuknuća,
- dozvoljavaju se nedostaci u obliku, obojenosti, kožna nagnječenja i oštećenja, ako plod nije jače oštećen, zacijeljena oštećenja koja nisu veća od 3 cm.

Na terenu se odmah mjerila i bilježila težina i broj plodova pojedinih klasa unutar svake skupine. Na kraju sezone, sa zadnjom berbom pobrane su i rajčice u zelenoj zriobi. Nakon klasiranja, brojanja i vaganja plodova rajčice, ukoliko su zadovoljavali tržišne standarde, mjerila se je visina i širina ploda uz pomoć pomične mjerke. Čvrstoća ploda mjerena je ručnim penetrometrom sa sondom promjera 11 mm.

Analiza boje ploda i pirea rajčice rađena je na Fakultetu za kmetijstvo in biosistemske vede, Univerziteta u Mariboru, Slovenija. Navedeni parametri mjereni su na rajčicama branim u dvije berbe. Na svakom plodu i svakom uzorku pirea rađena su četiri mjerenja. Za mjerenje boje korišten je Minolta CR-200b kolorimetar čiji je sustav temeljen na CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). Korištena je $L^* a^* b^*$ metoda određivanja boje gdje;

L^* znači svjetlinu (0 = crno, 100 = bijelo), $+L^*$ = svjetliji, $-L^*$ = tamniji

a^* znači crvenu (ako je vrijednost pozitivna) ili zelenu (ako je vrijednost negativna),

$+a^*$ = više crvene a manje zelene boje, $-a^*$ = više zelene a manje crvene boje,

b^* znači žutu (ako je vrijednost pozitivna) ili plavu (ako je vrijednost negativna),

$+b^*$ = više žute a manje plave boje, $-b^*$ = više plave a manje žute boje.

Chroma vrijednost označava zasićenost ili intenzitet boje. „Hue“ vrijednost označava ton boje, što je „hue“ vrijednost niža rajčica je crvenija Huvelink (2005).

Tablica 1 prikazuje odnos vrijednosti mjerenih Minolta kolorimetrom, $L^*a^*b^*$ metodom u različitim stadijima zriobe ploda rajčice Huvelink (2005).

Tablica 1. Prikaz promjene boje prilikom dozrijevanja ploda rajčice $L^*a^*b^*$ metodom.

Stadij razvoja	Stadij dozrijevanja	L^*	a^*	b^*	Chroma	Hue angle
Razvijeni-zeleni	1	62,7	-16,0	34,4	37,9	115,0
Prijelazni	2	55,8	-3,5	33,0	33,2	83,9
Rozi	4	49,6	16,6	30,9	35,0	61,8
Svijetlo crveni	5	46,2	24,3	27,0	36,3	48,0
Zreli crveni	6	41,8	26,4	23,1	35,1	41,3
Pre zreli	6+	39,6	27,5	20,7	34,4	37,0

Izvor: E.Heuvelink, (2005): *Tomatoes*, CABI publishing.

Mjerenja su se radila pod kutom od 45° pomoću mjerne glave koja na sebi ima izvor svjetlosti i osvjetljava mjerno područje promjera 8mm.

Mjerenje fotosinteze izvršeno je na osnovi izmjene plinova u mjernoj komori.

Mjereni su sljedeći parametri:

A - Neto fotosinteza (izmjena CO_2 u mjernoj komori) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

Ci - Substomatalna koncentracija CO_2 ($\mu\text{mol l}^{-1}$)

Gs – Stomatalna provodljivost ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

E – Transpiracija ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)

Mjerenje je vršeno između 10:00 i 14:00 sati, na odabranim listovima bez vidljivih oštećenja.

Rađena su tri očitavanja na gornjoj površini lista po principu slučajnog odabira unutar svake skupine i svakog ponavljanja.

Svi dobiveni rezultati statistički su obrađeni u Stat graphic centurion programu (Stat point Inc. 1982-2007) korištenjem ANOVA i Duncan test pri 95% točnosti i $P < 0,05$.

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Analiza tla

Rezultati analize uzoraka tla upućuju na kiselo, slabo humozno tlo, umjereno niske opskrbljenosti dušikom, jako dobre opskrbljenosti fosforom i niske opskrbljenosti kalijem što je pokazano u tablici 2.

Tablica 2. Rezultati kemijske analize tla.

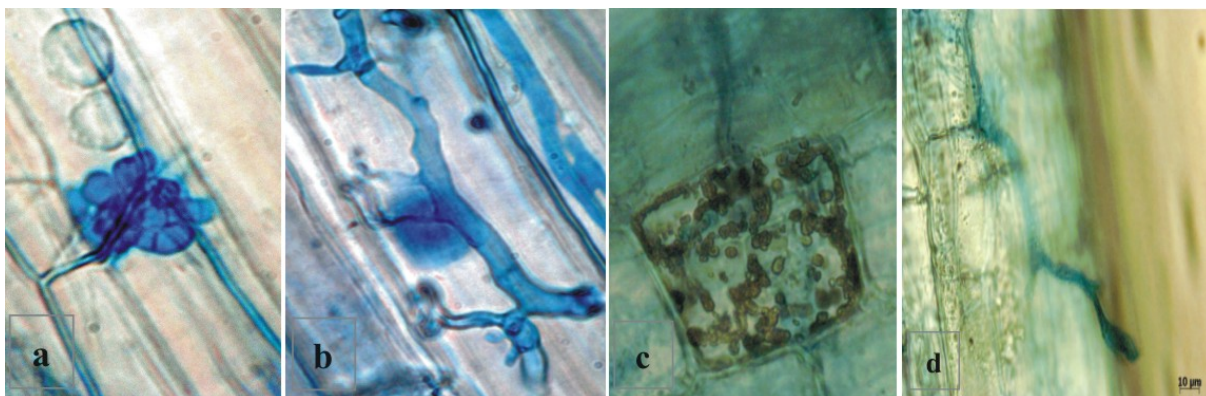
Parametri							
Tretmani	Dubina	pH	pH	Humus	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(cm)	M KCl	H ₂ O	%	%	mg/100g	mg/100g
Kontrola	0-30	5.14	6.09	2.25	0.09	22.9	10.2
M 2.5	0-30	5.14	6.07	2.30	0.14	22.3	11.3
M 5.0	0-30	5.24	6.21	2.40	0.10	27.8	12.7
M 10.0	0-30	5.30	6.26	2.51	0.14	28.3	11.9

Opskrbljenost biljke dušikom, kao i forma dušika u kojoj je biljci dostupan utječe na rast i razvoj biljke, kao i na razvoj ploda. Fosfor je važan za rani rast korijena, vegetativni razvoj i formiranje plodova.

4.2. Prisutnost mikorizne gljive u korijenu rajčice

Analiza korijena na prisutnost arbuskularne mikorizne gljive Trypan blue metodom neposredno prije sadnje presadnica na otvoreno pokazala je prisutnost mikorizne gljive u svim uzorcima osim kontrolne skupine što je prikazano na slici 1. preparat a) agregirane spore i preparat b) intracelularne hife.

Analiza korijena Tripan blue metodom nakon zadnje berbe pokazala je prisutnost arbuskularne mikorize u svim uzorcima uključujući i kontrolnu skupinu, slika 1. preparat c) intracelularne spore i preparat d) mjesto ulaska mikorize u stanicu. Na uzorcima korijenja nakon zadnje berbe mogu se vidjeti karakteristične morfološke promjene, odnosno razvoj većeg udjela korjenovih dlačica kod inokuliranih biljaka u odnosu na kontrolnu skupinu slika br.2.



Slika 1. a) agregirane spore, b) intracelularne hife, c) intracelularne spore, d) mjesto ulaska mikorize u stanicu. *Izvor: original.*



Slika 2. a) korijen kontrolne skupine, b) korijen M 2,5 g/l inokulanta, c) korijen 5 g/l inokulanta, d) korijen 10 g/l inokulanta. *Izvor: original.*

Arbuskularnu mikoriznu gljivu karakterizira tvorba intra i extra radikalnih hifa, arbuskula (razgranati završetak hifa koji sudjeluje u izmjeni nutrijenata) i spore. Arbuskule mogu formirati samo pripadnici podreda *Glomineae*. Arbuskule nisu trajne strukture već imaju životni ciklus između četiri i dvanaest dana. Neke vrste gljiva također mogu formirati intra radikalne vezikule koje predstavljaju povećane dijelove hifa i važna su skladišna struktura, a smatra se da mogu imati ulogu u razmnožavanju. Gljive koje pripadaju rodu *Gigaspora* i *Scutellospora* ne mogu formirati intraradikalne vezikule, ali ih mogu formirati u ekstraradikalnom miceliju. Prisutnost mikorizne gljive čak i u korijenu neinokuliranih biljaka analiziranih nakon zadnje berbe može se povezati sa činjenicom da se pokusna površina koristila samo za istraživanja po principu ekološke proizvodnje u zadnjih nekoliko godina što može voditi ka spontanom razvoju mikorizne gljive.

4.3. Prinos, klasiranje, morfološke karakteristike i tvrdoća ploda rajčice

Prema obliku, plodovi su okruglog oblika a prema krupnoći mogu se svrstati u krupne (Lešić i sur., 2004) i bez zvjezdastog napuknuća ploda u predjelu stapke. Težina plodova rajčica u pokusu iznosi 163-174g. Zbog nedovoljne opskrbe biljke vodom razdoblje rasta ploda se smanjuje te su plodovi sitniji. Statistički značajnih razlika u prinosu između tretiranih i ne tretiranih biljaka nije bilo kao niti u masi ploda, tvrdoći i obliku što je prikazano u tablici 3. Plodovi su bili sitniji nego što je propisano od strane proizvođača ali i u usporedbi s plodovima iz sortnog pokusa „Jablje“ 2007. što bi se moglo pripisati uvjetima nedovoljne opskrbljenosti biljke vodom pa se razdoblje rasta ploda skraćuje i plodovi su sitniji.

Sortni pokus „Jablje“ 2007. godine, u Republici Sloveniji na Optima F1 sorti rajčice sa prethodnim korištenjem gnojiva i sustava za navodnjavanje (kap na kap) pokazao je slijedeće rezultate (<http://www.kis.si/f/docs/Zelenjadnice/paradiznik07-pridelek-SI.pdf>, 05.12. 2015).

- Masa : 225 g, okrugli do visoko okrugli
- Čvrstoća (3-čvrsti, 7-meki) : 4
- Boja ploda – Intenzitet crvene: 5
- Prinos ukupni: 203,01 t/ha
- Prinos tržišni: 163,89 t/ha
- I klasa 54%, II klasa 27%, ne tržišni 19%.
- Napomena- zvjezdasta napuklina u predjelu stapke.

Tablica 3. Ukupni i trži prinos, te morfološke karakteristike i tvrdoća ploda u dva termina berbe.

Tretman	Ukupni prinos (kg/ha)	Tržni prinos (kg/ha)	Tržni -prosječna masa ploda (g)	Visina ploda (cm)	Širina ploda (cm)	Tvrdoća ploda	Visina ploda (cm)	Širina ploda (cm)	Tvrdoća ploda
Ukupni				Berba 03.08.2012.			Berba 13.08.2012.		
Kontrola	180593 (n.s.)	141324 (n.s.)	173,7 (n.s.)	7,01 (n.s.)	7,22 (n.s.)	2,5 (n.s.)	5,83 (n.s.)	7,28 (n.s.)	3,0 (n.s.)
M 2,5	183399 (n.s.)	138199 (n.s.)	174,0 (n.s.)	7,03 (n.s.)	7,59 (n.s.)	2,4 (n.s.)	5,97 (n.s.)	7,17 (n.s.)	3,0 (n.s.)
M 5	167113 (n.s.)	124611 (n.s.)	168,0 (n.s.)	6,83 (n.s.)	6,81 (n.s.)	2,4 (n.s.)	5,92 (n.s.)	6,81 (n.s.)	2,9 (n.s.)
M 10	172983 (n.s.)	132111 (n.s.)	162,7 (n.s.)	6,35 (n.s.)	6,90 (n.s.)	2,5 (n.s.)	5,76 (n.s.)	6,76 (n.s.)	2,9 (n.s.)

4.4. Boja ploda i pirea rajčice

Kvalitetu ploda rajčice za upotrebu u svježem stanju određuje i boja ploda. Jedan od važnih faktora vezanih za određene parametre kvalitete ploda je i dobra opskrbljenost kalijem koja povoljno utječe na boju, te udio suhe tvari i kiselina.

Budući da potrošači kupuju rajčicu na osnovi izgleda, plodovi trebaju imati ujednačenu narančasto crvenu do tamno crvenu boju bez zelenog prstena oko kaliksa i glatku površinu. Boja ploda rajčice određena je koncentracijom pojedinog pigmenta. U procesu sazrijevanja rajčica mijenja boju iz zelene boje koju određuje klorofil kod nedozrelog ploda do tamno crvene boje kod dozrele rajčice gdje se značajno povećava sadržaj likopena.

Povećanje a^* vrijednosti mjerene kromametrom povezana je sa sintezom likopena, vrijednost a^*/b^* smatra se dobrim indikatorom sadržaja likopena, te se smatra da sinteza β karotena prestaje nakon što se boja rajčice promjeni iz narančaste u crvenu (Preedy i Watson, 2008). Isti autor navodi da mjerenje boje kolorimetrom nije zadovoljavajući način mjerenja koncentracije karotena. Kod potpuno zrele rajčice likopen iznosi 73% od ukupnih karotena. Kod „cherry“ rajčica i rajčica u klasteru zastupljenost likopena je 79-85% od ukupnih karotena. Preedy i Watson (2008) navode da opskrba kalijem može utjecati na sintezu i veći sadržaj likopena u plodu, kao i generalno gledano niska koncentracija dušika, odnosno izvor dušika biljci utječe na sadržaj likopena. Također navodi negativan utjecaj kalcija na sadržaj likopena, odnosno smanjenje sadržaja likopena u slučaju korištenja hranjive otopine s većim udjelom Ca, te navodi mogući razlog paralelnog smanjenja absorpcije kalija nastale zbog kompeticije kationa. Utjecaj temperature također ima značajnu ulogu u sintezi likopena. Smatra se da je optimalna temperatura između 12°C i 32°C, te da više temperature inhibiraju sintezu likopena i plodovi ostaju žute boje umjesto da pređu u crvenu, iako optimalna temperatura za sintezu likopena unutar navedenog raspona varira ovisno o kultivaru, te okolišnim i uzgojnim uvjetima. Rajčice su brane u stadiju pune zrelosti što se može vidjeti usporedbom rezultata iz tablice broj 4 sa standardnim vrijednostima značajnim za svaki stadij razvoja ploda tablica broj 1. Prema Huvelink (2005) L^* vrijednost koja označava svjetlinu, za rajčicu u stadiju pune zrelosti kreće se oko 41,8, a^* vrijednosti 26,4 i b^* vrijednosti 23,1. Stadij dozrijevanja kada je rajčica svijetlo crvene boje, ali još uvijek nije u stadiju pune zrelosti L^* vrijednost iznosi oko 46,2, a^* vrijednosti 24,3 i b^* vrijednosti 27,0. Rajčice koje su pre zrele imaju L^* vrijednost oko 39,6, a^* vrijednost 27,7 i b^* vrijednost 20,7. L^* vrijednosti prilikom dozrijevanja ploda rajčice rastu do stadija pune zrelosti, a isto tako se povećava vrijednost a^* i smanjuje vrijednost b^* prilikom prelaska klorofila u karotenoide.

Ukoliko dođe do prezrijevanja ploda L^* vrijednost se smanjuje. Rajčice u ovom pokusu imale su L^* vrijednosti u rasponu od 40,36-42,50, a^* vrijednosti od 28,36-30,82 i b^* vrijednosti od 26,89-30,92 mjerene na površini ploda, te su vrijednosti a^* bile više od vrijednosti b^* . Prema dobivenim podacima može se zaključiti da su plodovi rajčice ubrani u stadiju pune zrelosti. Ako bi se uzelo u obzir da se mjerenje boje ploda smatra nedestruktivnom metodom za predviđanje sadržaja karotenoida, i da se vrijednost a^*/b^* smatra dobrim indikatorom likopena, u tablici 4 vidi se blagi porast vrijednosti a^*/b^* mjereno na površini ploda rajčice saporastom koncentracije inokuluma.

Tablica 4. Vrijednosti mjerenja boje ploda i pirea rajčice L*a*b* metodom tijekom dvije berbe.

Tretman	L* plod	a* plod	b* plod	C Plod	H plod	a*/b* plod	L* pulpa	a* pulpa	b* pulpa	C pulpa	H pulpa	a*/b* pulpa
Berba 03.08.2012.												
Kontrola	41,90 (n.s.)	30,82 (n.s.)	30,92 (n.s.)	43,70	45,06	1,00	26,27 (n.s.)	21,85 (n.s.)	15,00 (n.s.)	26,52	34,38	1,47
M 2,5	40,53 (n.s.)	30,46 (n.s.)	28,61 (n.s.)	41,84	43,29	1,06	27,13 (n.s.)	21,64 (n.s.)	14,02 (n.s.)	25,80	32,86	1,54
M 5	40,36 (n.s.)	30,56 (n.s.)	29,49 (n.s.)	42,52	44,01	1,04	26,11 (n.s.)	21,14 (n.s.)	13,75 (n.s.)	25,24	32,93	1,55
M 10	42,50 (n.s.)	28,91 (n.s.)	30,88 (n.s.)	42,49	46,98	0,94	25,20 (n.s.)	21,25 (n.s.)	15,09 (n.s.)	26,08	35,23	1,42
Berba 13.08.2012.												
Kontrola	40,96 (n.s.)	28,54 (n.s.)	27,60 (n.s.)	39,81	44,17	1,03	29,68 (n.s.)	21,81 (n.s.)	14,88 (n.s.)	26,42	34,28	1,47
M 2,5	40,93 (n.s.)	28,94 (n.s.)	28,26 (n.s.)	40,52	44,24	1,03	28,78 (n.s.)	21,74 (n.s.)	15,08 (n.s.)	26,47	34,76	1,45
M 5	40,63 (n.s.)	28,44 (n.s.)	27,42 (n.s.)	39,55	43,87	1,04	30,72 (n.s.)	20,64 (n.s.)	14,29 (n.s.)	25,11	34,68	1,45
M 10	40,57 (n.s.)	28,36 (n.s.)	26,89 (n.s.)	39,28	43,62	1,06	29,66 (n.s.)	22,00 (n.s.)	14,85 (n.s.)	26,56	33,81	1,50

4.5. Kemijska svojstva ploda rajčice

U uvjetima nedovoljne opskrbljenosti biljke vodom razdoblje rasta ploda se skraćuje, te su plodovi sitniji sa većim sadržajem suhe tvari, šećera i kiselina.

U našem istraživanju pokazalo se da nije bilo statistički značajne razlike u dobivenim vrijednostima između neinokuliranih i inokuliranih biljaka u ukupnom prinosu, sadržaju suhe tvari, sadržaju proteina, dušika i kalija u suhom uzorku ploda rajčice i pH u svježem uzorku ploda rajčice (tablica 5).

Sadržaj likopena i vitamina C varira u plodu rajčice ovisno o sorti, načinu proizvodnje kao i količina hraniva dostupnih biljci.

Sadržaj vitamina C u plodu rajčice ovisi o sorti rajčice, Preedy i Watson (2008) navode da „cherry“ rajčica obično sadrži veću koncentraciju vitamina C.

Mineralna ishrana također može imati utjecaj na koncentraciju vitamina C u plodu.

Al-Karaki i Hammad (2001) istraživali su utjecaj mikorizne gljive na prinos i mineralni sastav ploda rajčice uzgajane u uvjetima zaslanjenosti tla, te su objavili viši sadržaj P, K, Zn, Cu, Fe u plodovima biljaka koje su bile inokulirane arbuskularnim mikoriznim gljivama za razliku od plodova neinokuliranih biljaka koje su rasle u uvjetima stresa uzrokovanog s zaslanjenosti tla ali i u uvjetima uzgoja bez izloženosti stresu. Koncentracija fosfora u luku inokuliranom sa arbuskularnom mikoriznom gljivom bila je viša nego kod kontrolne skupine (Charron i sur., 2001). Bez obzira na visoku koncentraciju fosfora u uzorku tla, dobivene su statistički značajne razlike u koncentraciji fosfora u plodu rajčice.

Najviša koncentracija fosfora postignuta je s inokulumom 2.5 g/l, dok više koncentracije inokuluma nisu statistički značajno utjecale na povećanje sadržaja fosfora u plodu rajčice u odnosu na sadržaj fosfora u plodu neinokuliranih biljaka. Giovannetti i sur., (2011) objavili su da je kod rajčica inokuliranih sa *G. intraradices* u plodu povećana koncentracija Ca, K, P i Zn dok suha tvar ploda, pH i sadržaj topivih tvari nisu se značajno promijenili kod koloniziranih biljaka.

U ovom istraživanju statistički značajna razlika pokazala se kod sadržaja titracijskih kiselina u plodu rajčice inokuliranih u odnosu na neinokulirane biljke. Najviša koncentracija izmjerena je u tretmanu 10.0 g/l (tablica 5). Višu koncentraciju šećera i organskih kiselina kod plodova inokuliranih biljaka arbuskularnom mikoriznom gljivom u uvjetima bez navodnjavanja navode Di Cesare i sur. (2012).

Subramanian i sur., (2005) proučavali su odgovor rajčica uzgajanih na otvorenom inokuliranih arbuskularnom mikoriznom gljivom na različite intenzitete stresa izazvanog sušom, te su objavili da inokulirane rajčice uzgajane u uvjetima dobre opskrbljenosti vodom ali i u uvjetima stresa izazvanog sušom proizvele su plodove sa većim sadržajem topivih tvari i vitamina C u odnosu na biljke koje nisu bile inokulirane arbuskularnom mikoriznom gljivom.

U zadnjoj berbi sadržaj šećera i vitamina C u plodu tretiranih biljaka s 5.0 g/l i 10.0 g/l, značajno se razlikovao u usporedbi s kontrolnom skupinom i tretmanom od 2.5 g/l. Najviša vrijednost sadržaja šećera izmjerena je u plodovima tretmana 5.0 g/l, dok je najviša koncentracija vitamina C izmjerena u plodovima tretmana 10.0 g/l (tablica 5). Russo i Perkins-Veazie (2010) proučavali su utjecaj inokulacije sa različitim vrstama mikroorganizama na sadržaj nutrijenata u plodu paprike te su objavili viši sadržaj vitamina C u plodu inokuliranih biljaka sa arbuskularnom mikoriznom gljivom uzgajanih po principu ekološke poljoprivredne proizvodnje u odnosu na ne inokulirane biljke kao i biljke inokulirane bakterijom.

Tablica 5. Parametri kvalitete ploda rajčice u ovisnosti o koncentraciji inokuluma arbuskularnih mikoriznih gljiva.

Tretman	Suha tvar	N %	P %	K %	Proteini g/100g	pH	Titracijske kiseline %	Vitamin C mg/100g	Šećeri %
Berba 1. 05.09.2012.									
Kontrola	6,85 (n.s.)	1,42 (n.s.)	0,300 (a)	2,93 (n.s.)	0,61 (n.s.)	4,56 (n.s.)	0,2225 (n.s.)	86,2 (n.s.)	2,852 (n.s.)
M 2,5	6,98 (n.s.)	1,44 (n.s.)	0,373 (b)	2,88 (n.s.)	0,62 (n.s.)	4,56 (n.s.)	0,2263 (n.s.)	107,3 (n.s.)	2,941 (n.s.)
M 5	7,47 (n.s.)	1,45 (n.s.)	0,323 (a)	2,85 (n.s.)	0,68 (n.s.)	4,47 (n.s.)	0,2782 (n.s.)	101,1 (n.s.)	2,941 (n.s.)
M 10	7,26 (n.s.)	1,46 (n.s.)	0,339 (ab)	2,90 (n.s.)	0,66 (n.s.)	4,47 (n.s.)	0,2383 (n.s.)	104,9 (n.s.)	2,941 (n.s.)
Berba 2. 14.09.2012.									
Kontrola	7,24*	/	/	/	/	4,26*	0,2146 (a)	86,0*	2,497 (n.s.)
M 2,5	6,58*	/	/	/	/	4,30*	0,2336 (b)	100,0*	2,675 (n.s.)
M 5	7,10*	/	/	/	/	4,23*	0,2340 (b)	112,0*	3,207 (n.s.)
M 10	8,81*	/	/	/	/	4,18*	0,2816 (c)	114,0*	3,295 (n.s.)
Berba 3. 27.09.2012.									
Kontrola	7,61*	1,27*	0,349*	2,97*	/	4,18*	/	91,5 (a)	2,231 (a)
M 2,5	6,34*	1,22*	0,371*	2,84*	/	4,14*	/	92,3 (a)	2,763 (ab)
M 5	7,24*	1,21*	0,340*	3,11*	/	4,08*	/	105,8 (b)	3,295 (b)
M 10	7,18*	1,48*	0,349*	2,70*	/	4,06*	/	108,6 (b)	3,207 (b)

* analiza rađena u prosječnom uzorku.

Kemijska analiza korijena rađena je iz prosječnog uzorka sva tri ponavljanja te se ne može statistički obraditi. Budući da se simbiot nalazi u korijenu biljke i odgovoran je za bolju opskrbljenost fosforom, pretpostavka je bila da će sa koncentracijom inokuluma u korijenu rasti i koncentracija fosfora u korijenu. Rezultati su pokazali da je koncentracija fosfora u korijenu rajčica bila najviša kod inokulanata od 10g/l, a najniža kod neinokuliranih biljaka (tablica 6).

Tablica 6. Rezultati analize korijena rajčice nakon zadnje berbe na sadržaj N, P i K u %.

Tretman	N %	P%	K%
Kontrola	1,36*	0,217*	2,052*
M 2,5	1,36*	0,259*	2,122*
M 5	1,32*	0,251*	1,937*
M 10	1,40*	0,375*	1,799*

* analiza je rađena u prosječnom uzorku.

4.6. Parametri fotosinteze

Fotosinteza je niz fizikalno-kemijskih reakcija u kojima biljke koriste svjetlosnu energiju za sintezu organske tvari. Na intenzitet fotosinteze mogu utjecati brojni biotski i abiotski čimbenici, te ona u poljskim uvjetima našeg podneblja iznosi oko 0,5%. Utjecaj na stomatalnu provodljivost može imati radijacija, temperatura zraka ili temperatura lista. Legenda:

A - Neto fotosinteza (izmjena CO₂ u mjernoj komori) (μmol m⁻²s⁻¹)

Ci - Substomatalna koncentracija CO₂ (μmol l⁻¹)

Gs – Stomatalna provodljivost (mol m⁻²s⁻¹)

E – Transpiracija (mol m⁻²s⁻¹)

WUE-efikasnost korištenja vode

Tablica 7. Tipične vrijednosti izmjene plinova i florescencije klorofila za većinu mjerenja na pšenici u uvjetima navodnjavanja i stresa uvjetovanog sušom.

	Navodnjavanje	Stres uzrokovan sušom
A – neto fotosinteza	15-30 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	5-20 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
Gs -stomatalna provodljivost	300-700 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	80-300 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

Izvor: Pask, 2011.

Tablica 8. Vrijednosti parametara fotosinteze.

Tretman	A ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Ci (μmol^{-1})	Gs ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	E ($\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	WUE
Kontrola	7,45 (n.s.)	265,5 (n.s.)	0,24 (n.s.)	10,75 (n.s.)	0,69*
M 2,5	7,43 (n.s.)	278,8 (n.s.)	0,31 (n.s.)	11,13 (n.s.)	0,67*
M 5	8,13 (n.s.)	258,3 (n.s.)	0,19 (n.s.)	9,11 (n.s.)	0,89*
M 10	7,58 (n.s.)	277,4 (n.s.)	0,22 (n.s.)	10,19 (n.s.)	0,74*

* Vrijednosti su izračunate iz prosječnih uzoraka te ne mogu biti statistički obrađene.

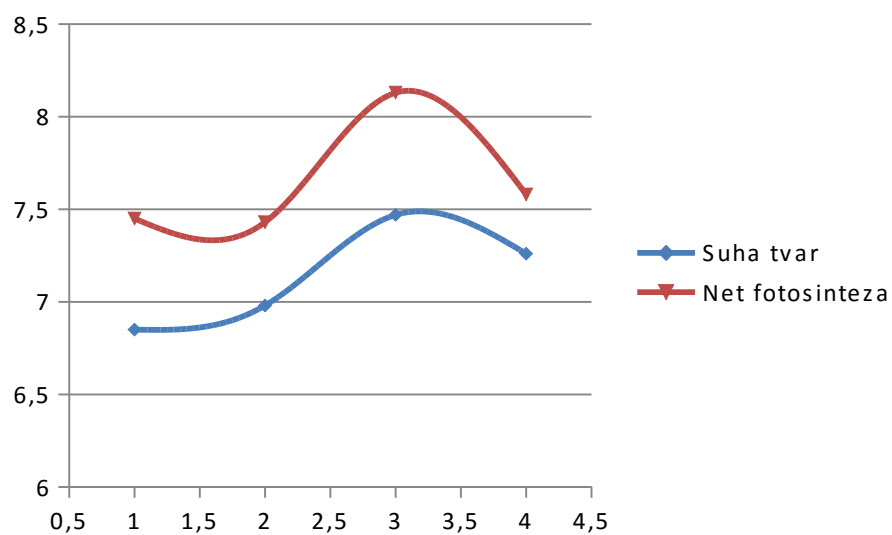
Izvor: vlastito istraživanje.

Vrijednosti stomatalne provodljivosti obično su više kod mikoriziranih biljaka u odnosu na nemikorizirane, što se pripisuje extraradikalnim hifama i mikoriziranom korijenovom sustavu koji ima mogućnost prodora u sitnije pore tla. Međutim ako se radi o već koloniziranom tlu (Koltai i Kapulnik, 2010) navode da su Gs vrijednosti više kod neinokuliranih biljaka bez obzira na navodnjavanje ili sušu nego kod onih koje su inokulirane, kao mogući razlog navode interakciju različitih organizama tla i arbuskularne mikorizne gljive u rizosferi. Nekoliko istraživanja pokazalo je povećanje vrijednosti efikasnosti korištenja vode kod biljaka inokuliranih arbuskularnom mikorizom u uvjetima navodnjavanja i u uvjetima osmotskog stresa (Koltai i Kapulnik, 2010). Substomatalna koncentracija CO_2 se smanjuje u odnosu na vrijednosti neto fotosinteze koja se povećava. Acatrinei (2010) u svojem istraživanju navodi reduciranje substomatalne koncentracije CO_2 koji se koristi u procesu fotosinteze i čija vrijednost se povećava. Stomatalna provodljivost povezana je sa intenzitetom transpiracije, što je Gs vrijednost viša povećat će se i vrijednost transpiracije. Acatrinei (2010) navodi kako se vrijednost transpiracije povećava sa razvojnim stadijima biljke. U uvjetima stresa radi pomanjkanja vode može se javiti pomanjkanje kalcija koje

dovodi do visoke transpiracije. Okolišni uvjeti kao što su relativna vlažnost zraka, temperatura zraka, svjetlost, vjetar i vlaga u tlu kao i kombinacija navedenih čimbenika mogu direktno utjecati na povećanje transpiracije. Otvaranje i zatvaranje pući može biti uzrokovano vanjskim uvjetima, naročito svjetlost i usko je povezano sa fotosintezom, koncentracijom CO₂, koncentracijom klorofila u lišću, sadržajem vode u lišću i prisustvom određenih produkata metabolizma.

Pojam efikasnost korištenja vode (WUE – water use efficiency) odnosi se na sposobnost biljke da limitira gubitak vode za vrijeme odvijanja fotosinteze naročito kada je biljka povrgnuta abiotikom stresu. WUE predstavlja odnos između neto fotosinteze (A) i transpiracije (E) prema slijedećoj formuli $WUE = E/A$, (Koltai i Kapulnik, 2010). Isti autor navodi da simbioza arbuskularne mikorizne gljive i biljke povećava vrijednosti WUE bez obzira dali se radi o uzgojnim uvjetima uzrokovanim sušom ili navodnjavanju, ali da povećanje istih vrijednosti ovisi o vrsti simbiotske gljive.

Biološki prinos kao i poljoprivredni prinos usko su povezani sa fotosintezom. Iz grafikona 4 može se vidjeti da su vrijednosti fotosinteze u pozitivnoj korelaciji s vrijednostima sadržaja suhe tvari ploda rajčice. Budući da je voda prenositelj tvari kroz biljku i uvjetuje otvorenost pući kao i ulazak CO₂ te samim time utječe na intenzitet fotosinteze, vrijednosti sadržaja suhe tvari ploda rajčice također rastu kako rastu i vrijednosti efikasnosti korištenja vode kako se povećavaju koncentracije inokuluma u biljkama rajčice. Također visoki sadržaj fosfora u tlu može stimulirati disanje te smanjiti produktivnost fotosinteze kod neinokuliranih biljaka, dok kod inokuliranih biljaka postoji mogući utjecaj mikorizne gljive na proizvodnju hormona stresa koji uvjetuju zatvaranje pući te su vrijednosti transpiracije niže što rezultira većom produktivnosti fotosinteze.



Grafikon 4. prikaz paralelnog porasta vrijednosti fotosinteze i suhe tvari ploda rajčice.

Izvor: vlastita istraživanja (vrijednosti sadržane u tablici br.5 – berba 1. i tablici br. 8).

5. ZAKLJUČAK

Inokulirane rajčice s različitim koncentracijama arbuskularnih mikoriznih gljiva i neinokulirana kontrolna skupina rajčica, uzgajane su u poljskim uvjetima bez korištenja gnojiva i sustava za navodnjavanje.

Statistički opravdane razlike između kontrole i inokuliranih varijanti nisu utvrđene u sadržaju suhe tvari, pH, sadržaju dušika, kalija i ukupnoj količini bjelančevina u plodovima rajčice. Također značajne razlike se nisu pokazale u ukupnom prinosu, težini, visini, širini i tvrdoći ploda rajčice kao i boji ploda i pirea rajčice. Parametri neto fotosinteze također nisu pokazali statistički značajne razlike.

Statistički značajne razlike između kontrolne i inokulirane varijante pokazale su se u sadržaju vitamina C, titracijskih kiselina i sadržaju šećera i fosfora u plodovima rajčice između kontrolne i inokulirane varijante. Rezultati su pokazali da je kod rajčica inokuliranih s 2.5 g/l mješavinom arbuskularnih mikoriznih gljiva utvrđena povećana koncentracija titracijskih kiselina u plodu mjerenom u svježem stanju kao i koncentracija fosfora mjerena u suhom uzorku ploda. Tretmani 5.0 g/l i 10.0 g/l mješavinom arbuskularnih mikoriznih gljiva pokazali su povećanu koncentraciju šećera, titracijskih kiselina i vitamina C mjerenih u svježem uzorku ploda rajčica. Rezultati su također pokazali razliku, ali bez statističkog značaja, u sadržaju suhe tvari ploda rajčice s višim sadržajem kod inokuliranih biljaka u odnosu na kontrolnu skupinu koji su u pozitivnoj korelaciji sa vrijednostima neto fotosinteze i efikasnosti korištenja vode. Vrijednosti neto fotosinteze kao i efikasnosti korištenja vode proporcionalno su rasle kako su rasle i koncentracije inokuluma do tretmana od 5g/l, dok su kod tretmana od 10g/l te vrijednosti počele padati.

Iako je istraživanje pokazalo pozitivne rezultate u nekim pokazateljima kvalitete kod inokuliranih presadnica u odnosu na kontrolu, u obzir treba uzeti da se pokus provodio samo jednu sezonu. Osim toga, pokus je bio postavljen na poljoprivrednoj površini za ekološku proizvodnju, te postoji mogućnost interakcije prirodne mikorizne gljive tog područja sa mikoriznom gljivom inokulanata kao i utjecaj kemijskih značajki tla na postotak kolonizacije korijena presadnica. Istraživanje bi trebalo nastaviti kako bi se dobili potpuniji rezultati.

Sa stajališta održivosti u poljoprivredi uporaba inokulanata može doprinijeti boljem korištenju prirodnih izvora nutrijenata, manjom upotrebom gnojiva te manjom upotrebom pesticida. Inokulacijom korijena rajčice s arbuskularnom mikoriznom gljivom može se postići bolja kvaliteta ploda u kontekstu povećanja sadržaja nekih od nutrijenata.

6. LITERATURA:

1. Acatrinei L., (2010): Photosynthesis rate, transpiration and stomatal conductance of vegetable species in protected organic crops, Institute of Biological Researches of Isai, Lucrări Științifice - vol. 53, Nr. 1/2010, seria Agronomie http://www.revagrois.ro/PDF/2010_1_34.pdf
2. Al-Karaki G.N., Hammad R., (2001): Mycorrhizal influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress, Journal of Plant Nutrition (2001) Vol. 24, Issue 8: 1311-1323. DOI: 10.1081/PLN-100106983, (abstract).
3. Al-Mohammadi F., Al-Zu'bi Y. (2011): Soil Chemical Properties and Yield of Tomato as Influenced by Different Levels of Irrigation Water and Fertilizer, J. Agr. Sci. Tech. (2011) Vol. 13: 289-299.
4. Cabalero B., Allen L., Prentice A., (2005): Encyclopedia of human nutrition , Elsevier.
5. Charron G., Furlan V., Bernier-Cardou M., Doyon G., (2001): 'Response of onion plants to arbuscular mycorrhizae', Mycorrhiza, Vol. 11, Issue 3, pp 145-150, DOI: 10.1007/s005720100122 (abstract).
<http://link.springer.com/article/10.1007/2Fs005720100122#>
6. Di Cesare L.F., Migliori C., Ferrari V., Parisi M., Campanelli G., Candido V., Perrone D., (2012): Effects of Irrigation-Fertilization and Irrigation-Mycorrhization on the Alimentary and Nutraceutical Properties of Tomatoes, in: Irrigation Systems and Practices in Challenging Environments. Dr. Teang Shui Lee (Eds), ISBN:978-953-51-0420-9, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/irrigation-systems-and-practices-in-challenging-environments/effects-ofirrigation-fertilization-and-irrigation-mycorrhization-on-the-alimentary-and-nutraceutica>
7. Državni statistički zavod; Statistički ljetopis 2013.
8. FAOSTAT godišnje izvješće za 2012.godinu.
9. Flores F.B., Sanchez-Bel P. et al, (2010): The effectiveness of grafting to improve tomato fruit quality, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2010.03.026>, journal homepage: www.elsevier.com/locate/scihorti.
10. Giovannetti M., Avio L., Barale R., Ceccarelli N., Cristofani R., Iezzi A., Mignolli F., Picciarelli P., Pinto B., Reali D., Sbrana C., Scarpato R., (2011): Nutraceutical value and safety of tomato fruits produced by mycorrhizal plants, British Journal of Nutrition. Available on CJO 2011 doi:10.1017/S000711451100290X.

11. Heuvelink E., (2005): Tomatoes, CABI.
12. IFOAM godišnje izvješće za 2010. godinu.
13. IFOAM godišnje izvješće za 2012. godinu.
14. Koltai H., Kapulnik Y., (2010): Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function, Springer. DOI 10.1007/978-90-481-9489-6.
15. Konica Minolta CR-200b manual
16. Kucharsky H., Zajac J., (2009): Handbook of Vitamin C Research: Daily requirements, dietary sources and adverse effects; Nova Biomedical books .
17. Lee S.K., Kader A.A., (2000): Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops, Postharvest Biology and Technology, Sciencedirect.com (abstract), [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00133-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00133-2)
18. Lešić R., Borošić J., Butorac I., Herak-Čustić M., Poljak M., Romić D., (2004): Povrćarstvo; II. Dopunjeno izdanje, Zrinski d.d., Čakovec.
19. Marschner H., (1995): Mineral nutrition of higher plants, Academic press.
20. Ministarstvo poljoprivrede Republike Slovenije (izvedbena uredba komisije (EU) št. 543/2011 z dne 7. junija 2011, o določitvi podrobnih pravil za uporabo Uredbe Sveta (ES) št. 1234/2007 za sektorja sadja in zelenjave ter predelanega sadja in zelenjave).
21. Neumann E., George E., (2010): Nutrient uptake: The Arbuscular Mycorrhizal Fungal Symbiosis as a Plant Nutrient Acquisition Strategy, in: Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function, II. H. Koltai and Y. Kapulnik (Eds), Springer. DOI 10.1007/978-90-481-9489-6_7
22. Novak B., (1998): Učinkovitost endomikorize na neke povrtne kulture: Agriculturae Conspectus Scientificus, Vol. 63, No. 4.
23. Pask A., Pietragalla J., Mullan D., Reynolds M., (2011): Physiological breeding II: A field guide to wheat phenotyping, CIMMYT.
24. Passam H.C., Karapanos I.C., (2007): A Review of Recent Research on Tomato Nutrition, Breeding and Post-Harvest Technology with Reference to Fruit Quality, The European Journal of Plant Science and Biotechnology ©2007 Global Science Books. [http://globalsciencebooks.info/JournalsSup/images/SF/EJPSB_1\(1\)1-21.pdf](http://globalsciencebooks.info/JournalsSup/images/SF/EJPSB_1(1)1-21.pdf)
25. Peterson L.R. , Massicotte H.B., Melville L.H., (2004): Mycorrhizas, Anatomy and cell biology, CABI Publishing.
26. Preedy V.R., Watson R.R., (2008): Tomatoes and tomato products; nutritional, medicinal and therapeutic properties, Science publishers ISBN:978-1-57808-534-7

27. Rapparini F., Penuelas J., (2014): Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses, Volume 1, DOI: 10.1007/978-1-4614-9466-9_2, Springer Science+Business Media New York.
28. Russo V.M., Perkins-Veazie P., (2010): Yield and Nutrient Content of Bell Pepper Pods from Plants Developed from Seedlings Inoculated, or Not, with Microorganisms, HortScience Vol.45 (3):352–358.
29. Ruiz-Lozano J.M., Aroca R., (2010): Host Response to Osmotic Stresses: Stomatal Behaviour and Water Use Efficiency of Arbuscular Mycorrhizal Plants, in: Arbuscular mycorrhizas: Physiology and Function, II. H. Koltai, Y. Kapulnik (Eds), Springer. DOI 10.1007/978-90-481-9489-6_11
30. Siddiqui Z.A., Akhtar M.S., Futai K., (2008): Mycorrhizae: sustainable agriculture and forestry, Springer.
31. Sortni pokus „Jablje“ (2007): Republika Slovenija, Optima F1 sorta rajčice.
(<http://www.kis.si/f/docs/Zelenjadnice/paradiznik07-pridelek-SI.pdf>, 05.12. 2015).
32. Subramanian K.S., Santhanakrishnan P., Balasubramanian P., (2005): Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. Scientia Horticulturae DOI:10.1016/j.scienta.2005.07.006 (abstract).
33. Vukobratović M. (2009): Osnove metabolizma biljaka, interna skripta, Križevci.
34. Znaor D., (1996): Ekološka poljoprivreda, Nakladni zavod Globus.

SAŽETAK

Simbiotska povezanost između biljaka i arbuskularne mikorizne gljive osigurava rast biljaka i unos hranjivih tvari, te može igrati važnu ulogu u kontekstu održivosti u poljoprivredi. Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj različitih koncentracija inokuluma arbuskularnih mikoriznih gljiva na fotosintezu, prinos i kemijska svojstva ploda rajčice. Biljke rajčice (hibrid Optima) inokulirane različitim koncentracijama (2,5, 5,0, 10,0 g / l) mješavine *Glomus* spp (komercijalni proizvod), uzgajane su u poljskim uvjetima, bez uporabe gnojiva i navodnjavanja. Uzorci tla uzeti su iz svakog tretmana na dubinama od 0 do 30 cm. Eksperiment je postavljen po principu slučajnog bloknog rasporeda u tri ponavljanja, svako ponavljanje sadrži kontrolnu skupinu i inokulirane biljke s tri različite koncentracije mikorizne mješavine. Za analitičke svrhe kemijskih svojstava plodovi rajčice su brani tri puta tijekom rujna. Svježi plodovi analizirani su na: suhu tvar, titracijske kiseline, askorbinsku kiselinu i pH. Sadržaj dušika, fosfora i kalija analiziran je u suhom uzorku rajčice. U svrhu mjerenja visine, širine, tvrdoće i boje rajčice koristile su se dvije berbe iz kolovoza. Ukupni prinos se mjerio od prve do zadnje berbe. Parametri fotosinteze su mjereni sredinom kolovoza između 10 i 12 sati. Analiza tla pokazala je da se radi o kiselom tlu, siromašnom humusom, s umjereno niskom razinom kalija i dušika i visokom razinom fosfora. Statistička analiza pokazuje da nema značajne razlike ($P > 0,05$) u sadržaju suhe tvari, pH, sadržaju dušika, kalija i ukupnoj količini bjelančevina u plodovima rajčice. Značajne razlike se nisu pokazale ni u ukupnom prinosu, visini, širini i tvrdoći ploda rajčice. Parametri fotosinteze također nisu pokazali statistički značajne razlike, ali značajne razlike ($P < 0,05$) između neinokuliranih i inokuliranih biljaka vide se u sadržaju vitamina C, titracijskih kiselina, šećera i postotku fosfora u plodovima rajčice. Inokulacija arbuskularnim mikoriznim gljivama u koncentraciji od 2,5, 5,0, 10,0 g / l povećala je sadržaj vitamina C, titracijskih kiselina, šećera i sadržaj fosfora u plodovima rajčice.

Ključne riječi: *Lycopersicon esculentum*, arbuskularna mikorizna gljiva, *Glomulus* spp. inokulum, kvaliteta ploda rajčice, održivost.

ABSTRACT

Symbiotic associations between plants and Arbuscular Mycorrhizae fungi (AMF) provide plant growth and nutrient uptake and can play important role within the context of sustainability in agriculture. The aim of this study was to investigate the effect of different concentrations of Arbuscular Mycorrhizal fungi (AMF) inoculum on photosynthesis, yield and chemical properties of tomato fruits. Tomato plants (*Lycopersicon esculentum* 'Optima F1') inoculated with different concentration (2.5, 5.0, 10.0 g/l) of *Glomus spp.* mixture (commercial product), were grown in the field condition without use of fertiliser and irrigation. Soil samples were taken from each treatment at depths from 0 to 30 cm. Experiment was designed as a randomised block design in three repetitions, every repetition contained control group and inoculated plants with three different concentration of mycorrhizal mixture. For analytical purpose of chemical properties tomato fruits were harvested three times during September. Fresh fruits were analysed on: dry matter, titrable acids, ascorbic acid and pH. Content of nitrogen, phosphorous and potassium were analysed in dry tomato samples. In order to measure the height, width, hardness and color of tomatoes were used two harvests in August. The total yield was measured from the first to the last harvest. The parameters of photosynthesis were measured in mid-August between 10-12 hours. Soil analysis showed that soil was acid, poor in humus, with moderately low potassium and nitrogen level and high phosphorus level. Statistical analysis suggests that there were no significant differences ($P>0.05$) in fruits dry matter, pH, nitrogen, potassium and total protein in tomato fruits. Also significant differences were not shown in the total yield, height, width and hardness of the tomato fruits. The parameters of photosynthesis also did not show statistically significant differences, but significant differences ($P<0.05$) between non treated and inoculated plants occurred in the content of vitamin C, titrable acids, sugars content and percent of phosphorus in tomato fruits. AMF inoculation (2.5, 5.0, 10.0 g/l) increased content of vitamin C, titrable acids, sugars content and the content of phosphorus in tomato fruits.

Keywords: *Lycopersicon esculentum*, Arbuscular Mycorrhizae, *Glomulus spp.* inoculum, tomato fruits quality, sustainability.

ŽIVOTOPIS

Dubravka Županić rođena 15. veljače 1972. u Zagrebu. Osnovnu školu pohađala je u Jastrebarskom, a nakon toga srednju veterinarsku školu u Zagrebu. Maturirala je 1991. godine.

Godine 1995. zapošljava se u Plivi d.d. gdje radi na radnom mjestu veterinarskog tehničara do 2005. godine

U rujnu 1998. godine završava dvogodišnji studij na Visokom gospodarskom učilištu i stiče zvanje Inženjera stočarstva.

Godine 2006. zapošljava se u Županić uslugama d.o.o. knjigovodstvenom servisu gdje radi do 2014. godine

Specijalistički stručni studij *Poljoprivreda*, smjer *Održiva i ekološka poljoprivreda* na Visokom gospodarskom učilištu u Križevcima upisuje 2010. godine.

Godine 2012. sudjeluje na Erasmus programu razmjene studenata, obavljanje stručne prakse na fakultetu za kmetijstvo in biosistemske vede u Mariboru, Republika Slovenija, na katedri za ekološku poljoprivredu, usjeve, povrćarstvo i ukrasno bilje.

Godine 2013. sudjeluje na Erasmus programu razmjene studenata, pohađanje semestra na Mendelovom Sveučilištu u Lednicama, Republika Češka.

Godine 2015. zapošljava se na Agronomskom fakultetu u Zagrebu u zavodu za hranidbu životinja na radnom mjestu tehnički suradnik na zamjeni za porodiljni.

Završni specijalistički stručni rad pod nazivom „Utjecaj arbuskularne mikorize na fotosintezu, prinos i kvalitetu ploda rajčice” izrađen je pod mentorstvom dr.sc. Marijane Ivanek-Martinčić.