

# Utjecaj tretmana sjemena pšenice endomikoriznim gljivama na otpornost prema suši

---

Crnčan, Manuela

Master's thesis / Diplomski rad

2024

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:783299>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**



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](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Manuela Crnčan, apsolvent

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer: Biljna proizvodnja

**UTJECAJ TRETMANA SJEMENA PŠENICE ENDOMIKORIZNIM  
GLJIVAMA NA OTPORNOST PREMA SUŠI**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2024.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Manuela Crnčan

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer: Biljna proizvodnja

**UTJECAJ TRETMANA SJEMENA PŠENICE ENDOMIKORIZNIM  
GLJIVAMA NA OTPORNOST PREMA SUŠI**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Doc. Dr. sc. Jurica Jović, predsjednik povjerenstva
2. Prof. dr. sc. Suzana Kristek, mentor
3. Doc. Dr. sc. Dario Iljkić, član

**Osijek, 2024.**

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. UZGOJ PŠENICE.....	2
3. UTJECAJ SUŠE NA PROIZVODNJU PŠENICE.....	5
4. UZGOJ PŠENICE NA KISELIM TLIMA.....	9
5. MIKORIZA .....	11
5.1 ENDOMIKORIZA.....	12
6. PRIMJENA MIKORIZNIH GLJIVA KOD PŠENICE .....	17
7. POSTUPAK MIKORIZACIJE .....	19
8. PRIMJENA BIOSTIMULATORA MIKORIZE.....	20
9. ZAKLJUČAK.....	22
10. LITERATURA .....	23
11. SAŽETAK .....	29
12. SUMMARY .....	30
13. POPIS SLIKA.....	31

## 1. UVOD

Porast broja stanovnika, intenzivna industrijalizacija i urbanizacija neki su od najvažnijih problema današnjice. Trend rasta ljudske populacije je u porastu, no opseg proizvodnje hrane u svijetu ne zadovoljava potrebe. Pšenica glasi kao “popularna” kultura u Slavoniji i Baranji, biljka koja se uzgaja širom svijeta, najvažnija zrnata biljka koja se koristi za ljudsku prehranu, najčešći izbor, najstarija žitarica i još mnogo toga. Nije bitno koji ćemo izraz od navednih koristiti za pšenicu već kako ćemo se pobrinuti da joj osiguramo kvalitetan odnosno siguran rast i razvoj u vrijeme ekstremnih klimatskih promjena. U kombinaciji s drugim čimbenicima temperatura, voda i tlo imaju velik značaj od samog početka uzgoja. Točnije, vlaga tla utječe na brzinu klijanja te razvijanje primarnog korijena. Primarni korijenov sustav aktivan je tijekom cijele godine, no glavni mu je zadatak opskrba vodom u početnom razvojnom stadiju osobito u uvjetima sušne jeseni. Prilikom smanjene količine oborina, te niskog sadržaja hraniva u tlu biljke u nepovoljnim uvjetima po njih razvijaju mehanize pomoću kojih pokušavaju preživjeti. “Mehanizam preživljavanja” uključuje odnos između korijena biljke i organizama koji se nalaze u tlu kao što su bakterije i gljive. Simbiotske veze između korijena i biljke nazivaju se mikoriza, te oba člana u ovoj “vezi” imaju korist jedni od drugih. Mjesto na koje se nasele gljive i stvaraju svoje hife je korijen. Kako bi biljka opskrbila gljivu ugljikohidratima potreban je proces fotosinteze dok zauzvrat gljive na korijenovom sustavu povećavaju mogućnost usvajanja veće količine vode i hranjivih tvari iz okolnog tla. Najznačajniji abiotski stresovi koje treba izdvojiti su suša, manje povoljna kemijska svojstva tla i fizikalna svojstva tla.

## 2. UZGOJ PŠENICE

Pšenica (*Triticum Aestivum L.*) je drevna žitarica za koju se smatra da potječe iz jugozapadne Azije, no najstariji arheološki dokazi o uzgoju pšenice dolaze iz Turske. Pšenica glasi kao važan izvor hrane i ključni sastojak u proizvodnji različitih prehrambenih proizvoda, uključujući kruh, tjesteninu i peciva. U tom kontekstu, pšenica ima ključnu ulogu u osiguravanju prehrambene sigurnosti stanovništva. Pšenica je jedna od važnih kultura u poljoprivrednoj proizvodnji u Hrvatskoj, uzgaja se na različitim tipovima tla, u različitim klimatskim uvjetima diljem zemlje, te njezini prinosi utječu na opću poljoprivrednu proizvodnju i ekonomiju. Proizvodnja pšenice u Hrvatskoj često varira ovisno o klimatskim uvjetima, tehnologiji uzgoja i drugim čimbenicima. Hrvatska ima različite klimatske uvjete od kontinentalnih područja do mediteranskog pojasa, što može utjecati na prinos pšenice. (Mađarić, 1985.)

U 2023. godini pšenice je zasijano na 164 tisuće hektara, što je na godišnjoj razini porast za 3,8 posto ili šest tisuća hektara više u odnosu na prošlu godinu (2022.). Pšenično zrno sastoji se od tri dijela - ljuske, endosperma i klice. Pšenica ima razgranat i žiličast korijen, sastoji se od primarnog i sekundarnog korijenovog sustava. U fazi klijanja formira se 3-5 primarnih korjenčića, a to ovisi o tome je li pšenica ozima ili jara. Iz posijanog sjemena pšenice razvija se stabljika tj. vlat koja je cilindrična i sastavljena od koljenaca, sadrži 5-6 članka od kojih je najduži vršni iz kojeg izbija klas. Stabljika je šuplja izuzev nekih vrsta, visine je 50 -120 cm. List se sastoji od plojke koja je duga i linearna i rukavca između kojih se nalazi jezičak i uške. Cvjetovi kod pšenice su skupljeni u cvat - klas. Klas se sastoji od klasnog vretena kojeg još nazivamo glavna os cvati, člankovito je i sastoji se od koljenaca i međukoljenaca. Klasno vreteno je produžetak vršnog međukoljenca dok su članci postavljeni naizmjenično ("cik - cak"). Klas može biti rastresit ili zbijen, sa osjem ili bez osja - različite boje. Pšenica uz svaki članak vretena ima po jedan klasić, a može ih biti od 10 - 30. Pšenica može biti ozima ili jara. Klima ima značajan utjecaj na rast i razvoj pšenice, stoga u kontinentalnim dijelovima gdje su zime hladnije češće se uzgaja ozima pšenica koja se sije u jesen, a žetva je u ljeto.

Jara pšenica se uzgaja na većim nadmorskim visinama, te suhim kontinentalnim krajevima jer ima kratko vegetacijsko razdoblje i mnogo bolje podnosi sušu od ozime pšenice. Sjetva je u proljeće, a žetva u ljeto. Ova vrsta pšenice često se koristi za proizvodnju tjestenine zbog svojih specifičnih svojstava glutena. U Hrvatskoj se uzgajaju različite sorte pšenice, a izbor sorti ovisi o regiji i uvjetima uzgoja. Poželjno je da sorta bude visokorodna i visokokvalitetna, te otporna na polijeganje, sušu, smrzavanje i bolesti. Kvaliteta tla igra važnu ulogu u uspjehu uzgoja pšenice jer pšenica preferira dobro drenirana tla s visokim sadržajem hranjivih tvari, te blago kisele reakcije (pH 6,5 - 7). Pšenici odgovaraju tla poput černozema, livadske crnice i aluvijalna tla bez prisutnosti podzemnih voda. Najpovoljnija temperatura za klijanje i nicanje pšenice je 14-20°C. Pri takvim temperaturama period od sjetve do nicanja traje 5-7 dana. Kod temperature 7-8°C pšenica niče za 17-20 dana, a pri nižim temperaturama klijanje i nicanje je još sporije. Kad pšenica razvije 2-3 lista, ako je dobro ishranjena i ukorijenjena te je prošla period kaljenja, može podnijeti temperature i do -25°C, a prekrivena snježnim pokrivačem i niže. Primjena gnojiva igra ključnu ulogu u postizanju visokih prinosa pšenice. Pravilna gnojidba ovisi o rezultatima tla i potrebama biljke. Prilikom gnojidbe potrebno je primijeniti 140 - 200kg/ha dušika, 70-130 kg/ha fosfora i 80 - 140 kg/ha kalija. Gnojidba se odvija u nekoliko faza: predsjetvena gnojidba, osnovna gnojidba i prihranjivanje u vegetaciji. Idealno vrijeme sjetve određuje se prema agroekološkim prilikama određenog područja, biološkim svojstvima sorte i vremenskim uvjetima, a optimalni rok sjetve za pšenicu je u listopadu. Žetva pšenice obično se odvija u ljetnim mjesecima, kada biljke dostignu zrelost, odvija se u lipnju ili srpnju. (Mađarić, 1985.)

Osnovne fenološke faze kroz koje pšenica prolazi su: klijanje, nicanjanje, ukorjenjivanje, busanje, vlatanje, klasanja i cvatnja, formiranje, nalijevanje i sazrijevanje zrna. Kvaliteta zrna pšenice je određena svojstvima koja uključuju : fizičke karakteristike zrna (hektolitarska masa, masa 1000 zrna, specifična masa, krupnoća i oblik zrna, caklavost i brašnavost, boja zrna, čistoća zrna), zdravstveno stanje i svježina zrna, kemijski sastav zrna i ostalo. (Kovačević i Rastija, 2014.)

Glavni pokazatelj kvalitete pšenice je količina i kvaliteta bjelančevina koje čine tzv. lijepak. U sastav lijepka ulaze uglavnom bjelančevine netopive u vodi (glijadin i glutenin). Među svim žitaricama pšenica ima najkvalitetniji lijepak te se od nje dobiva najbolji kruh. Udio proteina se najčešće kreće u rasponu od 11 do 13%. (Pajić i sur., 2015.)

Praćenje modernih poljoprivrednih tehnologija i praksi, uključujući inovacije u uzgoju pšenice, može pridonijeti dugoročnom održivom razvoju poljoprivrede u Hrvatskoj. U modernom poljoprivrednom sustavu, često se koriste hibridne i poboljšane sorte pšenice koje su prilagođene klimatskim ekstremima, a poželjno je da budu visokorodne sa stabilnim visokim prinosima, otporni na bolesti i drugim poželjnim agronomskim karakteristikama. Odabir vrste pšenice može ovisiti o ekonomskim čimbenicima, potražnji tržišta, agroekološkim uvjetima i preferencijama poljoprivrednika. Prema podacima državnog zavoda za statistiku prosječni prinos u 2023. godini na zasijanoj površini od 170 000 ha je iznosio 4,8 t/ha. (DZS, 2023.)



Slika 1. Morfologija pšenice

Izvor: <https://www.val-znanje.com/index.php/ljekovite-biljke/1112-psenica-triticum-vulgare-will-host->



### 3. UTJECAJ SUŠE NA PROIZVODNJU PŠENICE

Svijet doživljava različite klimatske ekstreme, a njihova učestalost i ozbiljnost može varirati između različitih regija. Europa pa tako i Hrvatska suočava se s povećanjem prosječnih temperatura, pojavom učestalih iznenadnih tuča tijekom ljetnih mjeseci, intenzivne kiše i poplave ili suprotno tome - pojava dugotrajnijih sušnih razdoblja. Dugotrajnije suše dovode do smanjenja razine vode u rijekama i jezerima, dok topli i suhi uvjeti povećavaju rizik od požara koji može uzrokovati ozbiljne ekološke posljedice. Klimatske promjene imaju utjecaj na ekosustave i bioraznolikost. Promjene u temperaturi i oborinama mogu utjecati na distribuciju biljnih i životinjskih vrsta, te ugroziti osjetljive ekosustave. Povećana izloženost ekstremnim vremenskim uvjetima utječe na poljoprivredu te se poljoprivrednici suočavaju sa izazovima prilagodbe svojih praksi kako bi održali produktivnost. Ovi klimatski ekstremi povezani su s globalnim klimatskim promjenama koje uključuju povećanje stakleničkih plinova u atmosferi. Europske zemlje provode mjere prilagodbe i ublažavanja kako bi se lakše nosili s raznim izazovima, uključujući promjene u poljoprivredi. (European environment Agency, 2018.)

Pojam „Konzervacijska obrada tla“ je relativno nov i ujedno predstavljen poljoprivrednicima kao poljoprivredna praksa koja ima za cilj smanjenje obrade tla kako bi se očuvala struktura tla, smanjila erozija i poboljšala očuvanost organske tvari. Poljoprivrednici mogu smanjiti i potrošnju goriva što ujedno dovodi do smanjenja stakleničkih plinova iz poljoprivrednih operacija. Konzervacijska obrada potiče biološku aktivnost u tlu, uključujući aktivnost mikroorganizama i korijena biljaka. Upravo je ovo jedna od aktivnosti koja može poboljšati strukturu tla i povećati sposobnost tla da zadržava vodu i hranjive tvari, posebno u sušnom periodu. Očuvano tlo će bolje podnositi ekstremne uvjete, održavajući stabilnost i produktivnost. Najveći rizik za Republiku Hrvatsku predstavljaju suše, poplave i podizanje razine mora. Suše i temperaturni ekstremi će se najviše negativno odraziti na poljoprivrednu proizvodnju.

Opskrbljenost biljke vodom je značajna za sve životne funkcije. Prilikom nedostatka vode usporava se i prestaje rast, te ukupna masa biljke, a samim time i prinos. Suša je povremena pojava koja za posljedicu ima niže prinose, što ovisi o fazi razvoja pšenice, dužini trajanja sušnog razdoblja, te intezitetu suše. Ukoliko želimo povećati otpornost pšenice prema suši poželjno je uzgajati otpornije sorte, izbjeci uzgoj pšenice na pjeskovitim tlima, te primjeniti odgovarajuću agrotehniku. Otpornije sorte pšenice imaju brži rast korijena, jaču usisnu snagu korijena za primanje vode i hraniva, te mogućnost dubljeg ukorijenjivanja. (Kovačević i Rastija, 2014.)

Količina padalina tijekom predsjetvenog perioda i u toku sjetve često može imati presudan značaj za formiranje prinosa ozime pšenice. Nedostatak padalina utječe na otežanu osnovnu obradu tla, predsjetvenu pripremu i općenito na kvalitetu sjetve. U prijevodu, dolazi do produžetka faze nicanja i ukorjenjivanja, te dovodi do slabijeg razvoja i pripreme biljke za prezimljavanje. Unazad nekoliko godina u zimskom periodu na području Slavonije i Baranje izostaje prisustvo zaštitnog snježnog pokrivača što pšenici onemogućuje skupljanje vrlo bitne zimske vlage. Pšenica ima različite potrebe za vlagom u određenim fazama rasta i razvoja, te je i smanjenje prinosa uslijed suše određeno time. Pšenica je najosjetljivija na nedostatak vlage u fazi intenzivnog porasta, ne samo zbog velike potrošnje vode u tom periodu već i zbog toga što ima veliki utjecaj na odnos između lisne površine i korijenovog sustava. Nedostatak vlage u zemljištu u vrijeme klasanja i cvjetanja povećava broj neplodnih klasića i smanjuje broj klasova po biljci, dužinu klasa i broj zrna. Iako je porast temperature koristan za produktivnost usjeva u nekim hladnijim regijama, suša još uvijek značajno smanjuje nacionalnu proizvodnju žitarica za 9 - 10 % na globalnoj razini. Uzrokovana smanjenom količinom oborina i povišenom temperaturom suša je najvažniji ograničavajući čimbenik za produktivnost usjeva i, u konačnici, za sigurnost hrane diljem svijeta. Uz promjenjivu klimu predviđa se da će suše postati intenzivnije i učestalije u mnogim regijama. Ozbiljnost i trajanje stresa uzrokovano sušom određuje opseg gubitka prinosa skraćivanjem životnog ciklusa i trajanja nalijevanja zrna. (Zhang i sur., 2018.)

“ Suša se definira kao hidrometeorološka opasnost, odnosno opasan fenomen koji snažno utječe na zdravlje ljudi, izaziva materijalnu štetu, osiromašuje stanovništvo, izaziva socijalni i gospodarski poremećaj i čini štetu okolišu. “ (Vukadinović, Vukadinović, 2016.)

“ Trenutni broj ljudi na svijetu je oko sedam milijardi, a procjenjuje se da će do 2050. godine biti između devet i 10 milijardi ljudi, a većina rasta dogodit će se u Africi. Poljoprivredne i prehrambene organizacije svijeta navode da je potrebno povećanje poljoprivrede za 70% kako bi se ispunila ta potražnja. “ (Agroklub, 2019.)

Navedeno upućuje da tempo klimatskih promjena ugrožava sigurnost hrane posvuda pa tako i u Republici Hrvatskoj. Prehrambena industrija je jedna od najvažnijih sektora jer područje RH pogoduje proizvodnji hrane stoga je važno staviti naglasak na mjere ublažavanja klimatskih promjena, te poticanje na uvođenje novih mjera poput procesa mikorizacije kako bi se riješio problem suše ili ublažio njezin negativni efekt. Potrebno je primjeniti sve sustave suvremene agrotehnike, počevši od pravilnog plodoreda, racionalne obrade zemljišta, efikasne borbe s korovima, štetočinama i bolestima.

Prema Jugu ( 2015.) neke od najvažnijih mjera za ublažavanje klimatskih promjena su:

- Konzervacijska poljoprivreda
- Plodoredi
- Održivi sustav uzgoja biljaka i životinja
- Održivo šumarstvo
- Uzgoj međusjeka
- Pravilno gospodarenje bedcover
- Uzgoj catch i cash usjeva
- Uzgoj otpornijih vrsta
- Protupoplavne mjere
- Introdukcija stranih kultivara
- Praćenje vremenskih prognostičkih modela

Prijetnja promjenjive globalne klime uvelike je privukla pozornost znanstvenika jer te varijacije imaju negativan učinak na globalnu proizvodnju usjeva i ugrožavaju sigurnost hrane diljem svijeta. Prema nekim predviđanjima poljoprivreda se smatra najugroženijom djelatnošću na koju utječu klimatske promjene. ( Agriculture and rural development, 2019.)



Slika 2. Pšenica uslijed dugotrajnog sušnog perioda

Izvor: [reuters.com/world/americas/millers-bakers-fret-drought-withers-north-americas-spring-wheat-2021-08-05/](https://www.reuters.com/world/americas/millers-bakers-fret-drought-withers-north-americas-spring-wheat-2021-08-05/)

#### 4. UZGOJ PŠENICE NA KISELIM TLIMA

Više od 2/3 stanovništva u svijetu hrani se pšeničnim kruhom, a najbitniji pokazatelj kvalitete predstavlja kvalitet i količinu bjelančevina u zrnu. Ovisno o području uzgoja i gnojidbi sadržaj bjelančevina je promjenjiv. Pšenica ima velike zahtjeve prema tlu što se odnosi na plodnost tla i fizikalna svojstva. U prijevodu, pšenici odgovaraju plodna, duboka i umjereno vlažna tla blago kisele reakcije. Ukoliko pričamo o tipovima tala pšenica najbolje uspjeva na černozeru i livadskim crnicama. Upravo na takvim tlama moguće je dobiti visok i kvalitetan prinos i bez gnojidbe, no na ostalim tipovima tala pšenica uspjeva tek sa određenim postotkom apliciranog gnojiva. Pšenica najbolje uspjeva na dobro dreniranim tlama s pH vrijednostima između 6 - 7,5. (Mađarić, 1985.)

Rast pšenice na tlama s dobrom strukturom važan je faktor za pravilan razvoj korijena i apsorpciju hranjivih tvari. Pšenica preferira tla koja imaju dobru sposobnost odvoda vode kako bi se izbjeglo dugotrajnije zadržavanje lokvi na površini. Stajaća voda može prouzročiti oštećenje korijena i potencijalno pridonijeti razvoju bolesti. Tijekom ključnih faza razvoja poput klasanja i zrenja zrno pšenice voli dobru vlagu, a tlo treba biti sposobno zadržati je. Ukoliko je tlo bogato organskom tvari struktura tla je poboljšana, zadržavati će vlagu i osigurati dovoljnu količinu hranjivih tvari biljkama. Ključne hranjive tvari su dušik, fosfor, kalij, sumpor i mikroelementi poput željeza, bakra i cinka. Redovite analize tla mogu pomoći u određivanju pravilne potrebe za gnojidbom. (Jug i sur.,2005.)

Kiselost tla je često problem na koji nailazimo prilikom uzgoja pšenice, glavni je faktor koji ograničava prinos. Kiselo tlo je tlo čija je pH vrijednost niža od 7. Može se reći da posljednjih godina uzrokuje zamjetne gubitke usjeva zbog visoke razine dušikovih gnojiva koja se koriste za proizvodnju visokih prinosa. Kiselost tla ometa koncentraciju hranjivih tvari i fiziološku kvalitetu sjemena, obično je najveća kiselost u prvih 5 cm oraničnog sloja. Ukoliko rezultati kemijske analize tla pokažu da je tlo jako kisele ili kisele reakcije treba pristupiti mjerama poput primjene vapna, organskih i anorganskih gnojiva i plodoređa, koji mogu povećati produktivnost tla i dati prednost usjevu u prinosu. Kiselost tla je teško regulirati u kratkom vremenskom periodu stoga je bitno kalcizaciju provoditi prije nego što tlo postane suviše kiselo za nesmetan rast i razvoj uzgajanih biljaka.

U pravilu, dok ne postignemo povoljnu pH vrijednost tla poželjno je uzgajati manje osjetljive poljoprivredne vrste. Na samom početku rasta i razvoja biljke su najosjetljivije na kiselost tla, dok u kasnijim fazama lakše podnose kiselu reakciju. (Gluhić, 2022.)

Nažalost, u Hrvatskoj je sve više kiselih tala što je posljedica prevelike gnojidbe mineralnim gnojivima (u prvom redu fosfornih) i kemijskim pesticidima. Kemijski pesticidi sadrže teške metale koji zagađuju tlo te mogu djelovati toksično odnosno negativno na rast biljke i sigurnost krajnjeg proizvoda. Također, posljedica zakiseljavanja tala je da makro i mikro hraniva postaju nepristupačna biljkama odnosno u ovom slučaju pšenici. Fosfor je pristupačan u tlu kada je pH 6,2 - 6,7. Ukoliko je tlo kiselije fosfor se veže za adsorpcijski kompleks tla. Međutim, mikorizne gljive kod kiselih tala otapaju kamene fosfate i čine ga pristupačnim biljkama. U kiselom tlu prevladavaju gljive koje su u poljoprivrednoj proizvodnji najveći uzročnici bolesti biljaka, one vrše humifikaciju organskih ostataka u tzv. kiselu humus koji mineralizacijom biljkama daje vrlo malo pristupačnih elemenata. S obzirom da su gljive acidofilni mikroorganizmi, a značajno manje je bakterija čiji produkti metabolizma koji su jako viskozni, lijepe čestice tla u stabilne strukturne agregate - kiselu tla su u najvećem slučaju vrlo loših pedofizikalnih svojstava. (Kristek, 2023.)

Također, nedostatak fosfora u tlima je čest problem, a s obzirom da mikoriza povećava sposobnost apsorpcije fosfora, stoga je poželjno sjeme inokulirati mikorizom. Usporedno s nekoloniziranim biljkama, mikorizirane biljke će bolje usvajati N, K, Ca, Fe, Mg, S, Cu i Zn ukoliko su ti elementi u deficitu. (Štedul, 2015.)

## 5. MIKORIZA

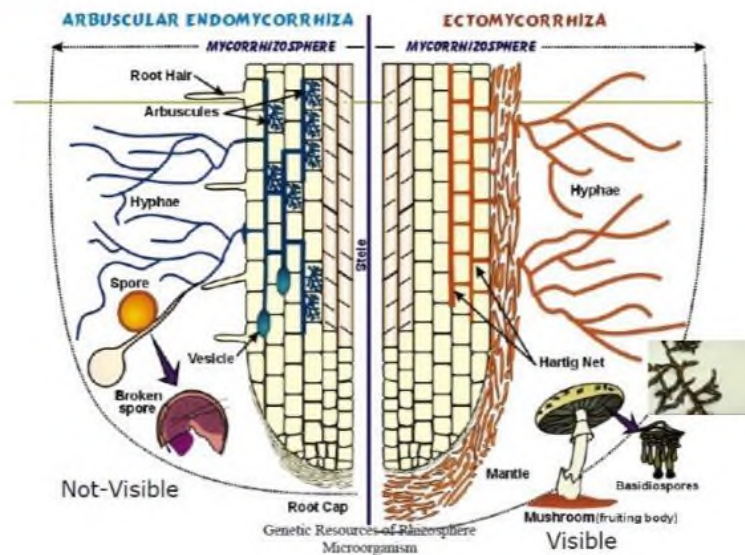
“ Gljive stvaraju brojne hife, koje prodiru u tlu mnogo dalje nego korijenov sustav te ga opskrbljuju mineralnim tvarima i vodom iz slojeva tla do kojih biljka ne može sama doći. Zauzvrat, od biljke koriste ugljikove spojeve i energiju nastalu fotosintezom. Ta obostrana veza između korijena viših biljaka i gljiva zove se mikoriza. Riječ mikoriza u doslovnom prijevodu znači "gljive na korijenu", a nastala je kombinacijom dviju riječi: grčke *mykes* – gljiva i latinske *rhiza* – korijenje. Mikorizu dijelimo u dvije glavne kategorije: ektomikoriza, koja stvara mrežu hifa između korijenovih stanica i hife koje obavijaju korijenje te prodiru u okolno tlo i endomikoriza, koja stvara posebne strukture za izmjenu tvari s domaćinom unutar korijenovih stanica i tvore mrežu finih hifa u tlu. “ (Štedul, 2015.)

Prva pomisao na spomen gljiva vrlo vjerojatno je ukusna juha od gljiva, no gljive su specifična skupina živih organizama koje tvore carstvo. Gljive spadaju među najrasprostranjenije žive organizme na Zemlji. Gljive koje se ubrajaju u mikroorganizme jednostanični su ili višestanični organizmi te pripadaju eukariotima. Eukarioti su organizmi kod kojih je nasljedni materijal smješten u jezgri obavijenoj posebnom dvostrukom jezgrinom membranom. Biljke, životinje, gljive i alge su eukarioti, dok su bakterije i cijanobakterije prokarioti. Gljive mogu biti simbionti koje žive u zajednici s mnogim biljnim vrstama te imaju međusobnu korist. Gljive vodu zadržavaju u miceliju, a potom tu vodu koriste biljke koje pomoću korijenja crpe mineralne tvari neophodne za rast gljiva. Djeluju kao saprofiti, bez čijeg djelovanja u prirodi ne bi moglo doći do razlaganja organskih tvari. Također djeluju i kao paraziti - najčešće. Gljive se mogu razmnožavati spolno i nesporno što ovisi o životnim uvjetima i vrsti. Nesporni način razmnožavanja je najčešće puoanije, sporama i vegetativno - cijaepanjem. SPolni način razmnožavanja podrazumijeva razvoj spolnih stanica - reproduktivne spore koje se moraju oploditi. Najznačajnije vrste mikoriznih vrsta spadaju u rodove *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellispora* i *Gigaspora*. (Čolić, 2013.)

## 5.1 ENDOMIKORIZA

Endomikorizne gljive su posebno važne u mnogim ekosustavima jer poboljšavaju sposobnost biljaka pri apsorpciji vode i hranjivih tvari iz tla. Gljive stvaraju sitne vlaknaste strukture poznate kao hife koje povećavaju površinu korijena biljke što omogućuje bolju apsorpciju vode i hranjivih tvari. Gljive također imaju korist od biljaka na način da skladište ugljikohidrate koji su rezultat procesa fotosinteze, što na kraju krajeva dovodi do uzajamne razmjene, rasta i opće otpornosti biljaka. Endomikorizne veze često povećavaju otpornost biljaka na stresne uvjete poput suše, visokih temperatura, zagađenja tla i drugih nepovoljnih okolišnih uvjeta. (Štedul, 2015.)

Rasprostranjenost endomikoriznih gljiva u biljnom kraljevstvu je vrlo široka, uključujući travnjake, šume, pašnjake, poljoprivredne usjeve itd. Endomikoriza se često proučava jer igra ključnu ulogu u održavanju zdravlja tla i doprinosi održivoj poljoprivredi. Dodatak ovih gljiva tlu može poboljšati rast biljaka, osobito na tlima s niskim sadržajem fosfora. (Symborg, 2023.)



Slika 3. Endomikoriza/Ektomikoriza

Izvor: <https://cdn.agroklub.com/upload/images/image/graficki-prikaz-ekto-i-endo-mikorize.jpg>



"Glomus" se odnosi na rod gljiva unutar reda *Glomerales*, a to su gljive koje često tvore endomikorizne simbioze s korijenjem biljaka. Ove gljive igraju ključnu ulogu u stvaranju mikoriznih veza s biljkama, poboljšavajući apsorpciju vode i hranjivih tvari iz tla. "Glomus" se ponekad koristi kao generički pojam za označavanje različitih vrsta endomikoriznih gljiva unutar ovog roda. Neki je nazivaju čudesnom gljivom jer je otkrivena u hiperslanom jezeru pod ekstremnim uvjetima u regiji Murcia koja se nalazi u Španjolskoj. Ondje gdje se smatralo da niti jedan mikroorganizam ne može preživjeti - razvila se biljka iz roda *Limonium*. Postavlja se pitanje kako je ova biljka mogla preživjeti u tako nepovoljnim uvjetima? Upravo zato jer je otkrivena gljiva koja stvara arbuskularnu mikorizu, a koja je bila povezana s korijenjem biljke. Hife ove gljive su uspješno opstale te nisu "dopustile" da biljka pati od štetnih učinaka slanosti. Nesmetano su mogle nastaviti apsorbirati vodu i hranjive tvari što je omogućilo biljci preživljavanje u ekstremnim uvjetima.

Otkrivena gljiva zvala se *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum*, gljiva koja stvara arbuskularnu mikorizu koju je patentirao Symborg kao prvu i jedinu vrstu pohranjenu za upotrebu kao biostimulans. Symborg je razvio niz biostimulacijskih rješenja koja se temelje na njemu kako bi pomogli poljoprivrednicima da prevladaju izazove s kojima se danas suočava poljoprivreda, te da uzgajaju produktivnije, profitabilnije i održivije usjeve. Ovaj proces potiče rast korijenovog sustava i povećava njezinu fotosintetsku aktivnost. Osim toga, mikorizna simbioza omogućava usjevima da povećaju sekvestraciju CO<sub>2</sub> i učinkovitije koriste vodu i hranjive tvari. Simbioza počinje kada se gljiva unese u korijen preko korijenovih dlačica. Zatim se uspostavlja unutar biljnih stanica formirajući arbuskule - strukture kroz koje gljiva mijenja vodu i hranjive tvari za šećere. Za vlastiti rast gljiva će razviti mrežu ekstraradikalnih hifa koje su sposobne apsorbirati vodu i hranjive tvari i transportirati ih prema arbuskuli. Gljiva može modulirati auksine - hormone odgovorne za rast korijena kako bi povećala količinu korijenovih dlačica, te kako bi gljiva stvorila nove veze i nastavila rasti. Biljka u suradnji s gljivicom može povećati fotosintezu kako bi proizvela veću količinu šećera za razmjenu s gljivicama i tako ovjekovječila ovaj ciklus korisne simbioze. Poboljšana fotosinteza također omogućuje biljci dobivanje dodatnih resursa koji će se koristiti za povećanje produktivnosti kao rezultat veće količine CO<sub>2</sub> pretvorene u fotoasilate.

Ishod će biti izvanredno razvijeni usjevi koji mogu maksimalno iskoristiti svaku kap vode i gram hranjivih tvari, nevjerojatno otporni usjevi koji mogu bolje tolerirati abiotičke stresove (nedostatak vode, suše, ekstremne temperature ili visoka slanost tla). Usjevi bi bili visokoprofitabilne kulture koje daju povećanje prinosa, broja plodova po biljci, težinu ploda te poboljšanje parametara kvalitete ploda. (Symborg, 2023.)

#### Zašto je *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum* jedinstvena?

Gljiva *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum* je jedinstvena jer ima karakteristike koje se razlikuju od ostalih gljiva koje također stvaraju mikorizu i postižu najvišu razinu simbioze. Neke od njih koje možemo navesti su veličina spora, njezine spore su male veličine (točnije 5-30 mikrona). Sporulacija se odvija izvan korijenovih dlačica, ne blokira ih niti lomi kao kod drugih mikoriznih gljiva, stoga biljka ne mora gubiti energiju na stvaranje novih korijenovih dlačica. Sljedeća pozitivna strana bi bila obilje hifa koje istražuju tlo. U prijevodu, ova gljiva može proizvesti do četiri puta više micelija od drugih gljiva koje stvaraju mikorizu što je ključno za biljku jer ima povećanu sposobnost apsorpcije.

Treća i posljednja prednost je da “Symborgova ekskluzivna gljiva” ima visoku otpornost na slane uvjete jer se može razviti čak i u uvjetima kada pH iznosi 4-9, što govori da osigurava toleranciju na salinitet s obzirom na stalnu upotrebu gnojiva. (Symborg, 2023.)



Slika 4. *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum*

Izvor: <https://symborg.com/ph/news-fp/glomus-iranicum-var-tenuihypharum/>

Gigaspore su velike spore koje se često formiraju u sklopu životnog ciklusa određenih endomikoriznih gljiva, posebno onih iz reda *Glomerales*. Gigaspore su važan reproduktivni dio ovih gljiva i često imaju ulogu u stvaranju novih kolonija gljivica. U nekim vrstama, gigaspore se formiraju unutar karakterističnih struktura koje se nazivaju vezikule.



Slika 5. *Gigaspora Margarita*

Izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/Gigaspora\\_margarita](https://en.wikipedia.org/wiki/Gigaspora_margarita)

*Gigaspora margarita* je kozmopolitska arbuskularna mikorizna gljiva, koja kao obavezan simbiot zahtjeva da bude povezana s biljkom domaćinom da bi ostvarila svoj životni ciklus. Karakteriziraju je velike bijele spore, te u svojoj citoplazmi ugošćuje taksonomski različite endobakterije. (Bentivenga, S. P. and J. B. Morton. 1995.)

“Kod arbuskularne mikorize gljive prodiru u stanice primarne kore korijena i tvore nakupine tanko razdijeljenih hifa poznatijih kao arbuskule. Arbuskule su mjesta izmjene tvari između biljke domaćina i gljive. Ponekad stvaraju i vezikule, organele različitih oblika ograđene membranom koji se nalaze unutar ili izvan stanica. Vezikule obično služe kao spremišne strukture, a kada su u fazi starenja, mogu služiti i za razmnožavanje.” (National Center for Biotechnology Information, 2022.)

Površina korijena povezana s mikoriznim gljivama je otpornija na napade patogenih gljiva iz razloga što je njima za infekciju potreban korijen, a ne druga gljiva. Mikorize posjeduju mehanizme zaštite koji mogu djelovati mikrocidno na patogene gljive - istim eksudatima kojima tope biljkama nepristupačna hraniva, a pozitivno djeluju na strukturu tla, te mikrobiološku aktivnost. (Agroklub, 2022.)

## 6. PRIMJENA MIKORIZNIH GLJIVA KOD PŠENICE

Mikorizne gljive koriste se prilikom same sjetve pšenice na način da se tretira tlo, no znatno češće koriste se tretiranjem sjemena, bilo nanošenjem mikoriznih gljiva na sjeme ili korištenjem dozatora koji imaju nove sijačice, a s kojima se inače apliciraju mikrohraniva. Nakon toga dolazi do simbioze između mikoriznih gljiva i korijena biljke. Mikorizirane biljke pšenice lakše će prezimiti jer im ne nedostaje ništa od hraniva, s druge strane korištenjem mikoriznih gljiva omogućava se redukcija hraniva kod kiselih tala, do 50% fosfora, 30% N i 30% K. (Jović, 2019.)

Biljka je u značajno boljoj kondiciji u samo proljeće, boja joj je tamno zelena u odnosu na ostalu pšenicu i bujnija je. S obzirom da nije patila tijekom zime lako nastavlja dalje s razvojem. Obično se kod korištenja mikoriznih gljiva smanjuje prihrana pšenice, na 100 kg kod prve prihrane, odnosno 100 kg kod druge prihrane. Tijekom vegetacije pšenica pod utjecajem mikoriznih gljiva je izrazito bujna, brzo prolazi fenofaze razvoja (vlatanje, busanje), međutim ne završava značajno ranije vegetaciju što za posljedicu ima dobro nalivena zrna pšenice, više klasova i sam prinos je značajno veći, i do 20%. Ako se to komparira s redukcijom gnojidbe vidimo da se i ekonomski značajno isplati. (Kristek i sur., 2023.)



Slika 6. Razgranati korijen pšenice djelovanjem mikorize

Izvor: <https://www.agroklub.com/ratarstvo/povecanje-mikorize-korijena-putem-gnojiva-koje-su-prednosti/77853/>

Mikorize su vrlo važne i najpoželjnije na tlima kod kojih su blokirana hraniva zbog kemijske ili fizičke imobilizacije, to su najčešće tla s visokim sadržajem gline ili tla s neadekvatnom pH reakcijom. U normalnim uvjetima korijen biljaka zauzima 0,5 % volumena gornjeg sloja tla. U dubljim slojevima postotak je manji, a budući da su hife mikorizne gljive tanje od korijena one mogu doći u kontakt s više tla po volumenu. (Pajić, 2022.)

Prema Kristek i sur. tretiranjem sjemena pšenice endomikoriznim gljivama dobili su povećanje visine biljaka za 1,7 - 4, 3%, koje naravno ovisi o sorti pšenice.(Kristek i sur., 2023.)



Slika 7. Iznimke biljke pšenice

Gore; bez mikorize, dolje pod utjecajem mikorize

Izvor: <https://gospodarski.hr/rubrike/ratarstvo-rubrike/mikoriza-korisni-odnosi-izmedu-mikroorganizama-i-biljaka/>

## 7. POSTUPAK MIKORIZACIJE

Postupak mikorizacije provodi se samo jednom i to aplikacijom isključivo na sjeme ili na korijen biljke. Nakon sadnje ili primjene na korijenu biljke kolonije gljiva će se u zemlji širiti same po sebi. Za godinu ili dvije, kada se prošire korist će biti još veća. (Čolić, 2013.)

Problem za razvijanje ovih vrijednih gljivica predstavlja erozija, obrada tla i slične aktivnosti. Ukoliko jednom dođe do narušavanja vrlo sporo se oporavljaju, zbog toga bi bilo idealno suzdržati se od obrade tla jer može biti kontraproduktivno. Uz proces mikorizacije poželjno je primjeniti kvalitetno organsko gnojivo. Korijen se od grubog dijela dijeli na finije i tanje korijenje, zatim se nastavljaju nastavci gljive koje golim okom ne možemo vidjeti. Pomoću produžetaka mikoriznih gljiva površina korijena se uvišestručuje, baš kao i volume tla iz kojeg biljka upija hranjive tvari. Upravo kada se spore gljiva pronađu u blizini korijena dobiju kemijski signal za aktivaciju tj. prodiru među stanice korijena. Ondje stvaraju tvorbe preko kojih je moguća izmjena tvari s biljkom nakon čega slijedi puštanje gljivinih nastavaka iz korijena prema tlu. (Đurić i sur. 2020.)



Slika 8. Primjer djelovanja mikorize na korijenov sustav



## 8. PRIMJENA BIOSTIMULATORA MIKORIZE

Konvencionalna i intenzivna poljoprivreda desetljećima pronalazi rješenja u praksi koristeći umjetna gnojiva, no intenzivni uzgoj bilja uništava prirodnu mikorizu zbog prekomjerne uporabe istih, kemijskih sredstava, sterilizacije tla, sadnica i sl. S obzirom da mikoriza jača otpornost biljke na stres, nepovoljne utjecaje i patogene, te pospješuje njezin rast i razvoj ta tehnologija uzgoja uvelike ima svoje mjesto u ekološkoj i integriranoj poljoprivredi, gdje se teži smanjenju uporabe umjetnih gnojiva i pesticida. Potaknuti tom spoznajom biopreparati predstavljaju prirodnu alternativu. Oni se sastoje od različitih mikrobioloških i makrobioloških agensa, kao što su bakterije, gljivice, paraziti i ostali, koji se koriste za biološko suzbijanje nametnika i bolesti. (Širić i sur., 2022.)

Prednosti biopreparata se mogu predstaviti na sljedeći način:

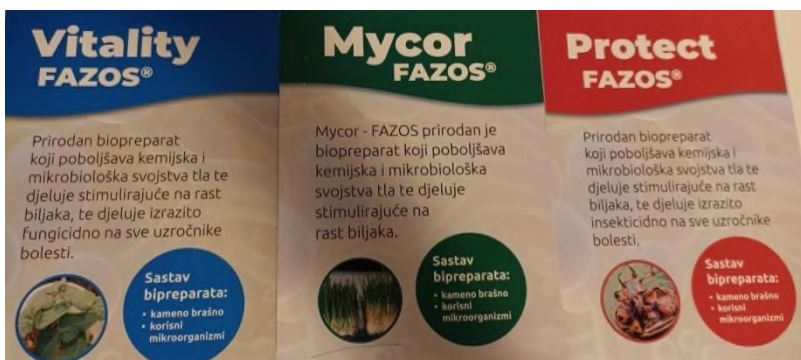
- nisu toksični i patogeni za ljude, životinje i druge organizme osim ciljanog organizma
- visoka specifičnost prema ciljanom organizmu efektivni su u malim količinama, brzo se razgrađuju, manje ili uopće ne zagađuju sredinu
- značajno se smanjuje upotreba konvencionalnih preparata, naročito pesticida često korisni mikroorganizmi ostaju aktivni i u sljedećoj vegetacionoj sezoni pozitivno utječu i na autohtonu mikrobnu populaciju ( Đurić i sur. 2020.)

“ 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. Važno je naglasiti da je primjena biostimulatora puno jeftinija od ostalih solucija.“ (Ravnjak, 2015.)



Konvencionalan način proizvodnje smanjuje broj i aktivnost autohtonih mikoriznih gljiva u tlu, stoga je prije prelaska na ekološki uzgoj potrebno potaknuti njihov razvoj biostimulatorima. Vrsta biostimulatora trebala bi biti prilagođena vrsti poljoprivredne kulture, tipu tla i načinu uzgoja.

Istraživanja su potvrdila da prilikom primjene mikrobiološkog preparata prosječni dobiveni prinos zrna pšenice uz tretman sjemena mikroorganizmima i zaštitu od bolesti je viši u odnosu na netretirano sjeme uz primjenu kemijskog fungicida. Također, vidljive promjene u postotcima su prisutne u hektolitarskoj masi zrna, masi 1000 zrna pšenice, sadržaju bjelančevina u zrnu pšenice, visini biljke. Kao konačni rezultat dobivena je zdrava biljka, tlo bez rezidua pesticida koje predstavljaju veliki zdravstveni i okolišni problem. (Kristek i sur., 2023.)



Slika 9. Biopreparati

## 9. ZAKLJUČAK

Prekomjerna uporaba mineralnih gnojiva i pesticida loše utječe na održavanje i stvaranje organske tvari u tlu, na mikroorganizme i druge korisne žive organizme u tlu. Mikoriza predstavlja partnerski odnos između gljiva i domaćina korijena, koja povećava toleranciju na mnoge stresne uvjete, poput suše. Suša je jedan od najvažnijih čimbenika koji ograničava rast biljaka i proizvodnju usjeva u cijelom svijetu. Najvažnija dobrobit uspostavljene simbioze je usvajanje teško dostupne vode i hranjivih tvari preko hifa gljiva. Podzemnim mikoriznim putevima kolaju razni spojevi od molekula vode, nutrijenata poput dušika i fosfora do mikroelemenata. Za usjeve kao što je pšenica nedostupnost vode prvenstveno dovodi do smanjene nadzemne biomase što često rezultira nižim prinosima. S obzirom da je dugogodišnjim intenzivnim radom na tlu prirodna autohtona mikorizna zajednica poprilično uništena poželjno je provesti proces mikorizacije. Prilikom primjene biopreparata pšenica je sposobna upiti hranjive tvar i vodu, očuvati sadržaj bjelančevina i škroba te na taj način opstati do same žetve. Potrebe za hranom su sve veće, međutim uvjeti za uzgoj su sve lošiji ali u prisustvu mikorize situacija se drastično može promijeniti. Mikoriza je korisna zajednica u koju treba ulagati jer donosi mnoge benefite za biljku, a potom za čovjeka i zdravlje pogotovo. Mikoriznu tehnologiju treba priznati kao značajan biološki faktor u zaštiti bilja.

## 10. LITERATURA

### Knjiga:

1. Aksić, M., Šekularac, G., Pejić, B., Ratknić, T., Gudžić, S., Grčak, M., Grčak, D. (2020.): The effects of drought on the grain yield of some wheat genotypes under the agroecological conditions of South Serbia, Applied ecology and environmental research 18 (5) : 7417 - 7430
2. Allen, M.F. (1991.): The Ecology of Mycorrhizae. Cambridge studies of ecology, 44-66
3. Bentivenga, S., P. and Morton, J., B. (1995.): A monograph of the genus *Gigaspora*, incorporating developmental patterns of morphological characters. Mycologia, 87 (5): 719 - 731
4. Jug, D., Jug, I., Brozović, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., Đurđević, B. (2018.): Uloga konzervacijske poljoprivrede u ublažavanju i prilagodbi klimatskim promjenama, Poljoprivreda, 24 (1) : 35-44
5. Jug, D., Krnjaić, S., Stipešević, B. (2005.): Prinos ozime pšenice (*Triticum Aestivum L.*) na različitim varijantama obrade tla, Poljoprivreda 12 (1): 47-52
6. Kovačević, V., Rastija, M. (2014.): Žitarice. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 34-62
7. Kristek, S., Jović, J., Martinović, M., Jantoš, J., Popović, B., Lončarić, Z., (2023.): Primjena biopreparata kao alternativa kemijskim fungicidima u zaštiti pšenice, Poljoprivreda 29 (2): 24-32
8. Hajnal, Jafari, T., Stamenov, D., Đurić, S. (2020.): Proizvodnja i primjena biopreparata. Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 1-64
9. Mađarić, Z. (1985.): Suvremena proizvodnja pšenice. Savez samoupravnih interesnih za zapošljavanje Zagreb, 47-77

10. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2016.) : Tlo, gnojdba i prinos - Što uspješan poljoprivrednik mora znati o tlu, usjevima, gnojdbi i tvorbi prinosa. Elektronično izdanje. 103-114

Rad u časopisu :

1. Agroklub (2021.) : Mogu li usjevi pšenice i kukuruza preživjeti sušu i kako?

Dostupno na: [agroklub.com/ratarstvo/mogu-li-usjevi-psenice-i-kukuruza-prezivjeti-susu-i-kako/51254/](https://agroklub.com/ratarstvo/mogu-li-usjevi-psenice-i-kukuruza-prezivjeti-susu-i-kako/51254/) Datum pristupa: 24.01.2024.

2. Draguzet, A. (2015.): Mikoriza od pustinja stvara plodne oaze

Dostupno na: [agroklub.com/sumarstvo/mikoriza-od-pustinja-stvara-plodne-oaze/16472/](https://agroklub.com/sumarstvo/mikoriza-od-pustinja-stvara-plodne-oaze/16472/)  
Datum pristupa: 12.02.2024.

3. Draguzet, A. (2015.): Tlo i mikorizne gljive

Dostupno na: [agroklub.com/sumarstvo/tlo-i-mikorizne-gljive/16246/](https://agroklub.com/sumarstvo/tlo-i-mikorizne-gljive/16246/)

Datum pristupa: 12.02.2024.

4. Danas. Hr. (2018.): KLIMA I KLIMATSKE PODIJELE / Znete li koji su tipovi klime u Hrvatskoj?

Dostupno na: [/danas.hr/arhiva/znete-li-koji-su-tipovi-klime-u-hrvatskoj-3b588246-b9f1-11ec-b61a-0242ac120046](https://danas.hr/arhiva/znete-li-koji-su-tipovi-klime-u-hrvatskoj-3b588246-b9f1-11ec-b61a-0242ac120046) Datum pristupa: 24.01.2024.

5. Gluhčić, D. (2022.): Važnost pH tla u poljoprivrednoj proizvodnji

Dostupno na: [gospodarski.hr/casopis/izdanja-2022/broj-5-od-15-03-2022/vaznost-ph-tla-u-poljoprivrednoj-proizvodnji/](https://gospodarski.hr/casopis/izdanja-2022/broj-5-od-15-03-2022/vaznost-ph-tla-u-poljoprivrednoj-proizvodnji/) Datum pristupa: 24.01.2024.

6. Klanjac, J., Grozić, K., Goreta, Ban, K., Ban, D., Ivić, D., Radić, T., Pasković, I. (2018.): Kompatibilnost fungicida i arbuskularnih mikoriznih gljiva u proizvodnji rajčice na otvorenom

Dostupno na: [/hrcak.srce.hr/clanak/304549](https://hrcak.srce.hr/clanak/304549) Datum pristupa: 24.01.2024.

7. Pajić, S.: Mikoriza - korisni odnosi između mikroorganizama i biljaka (2022.)

Dostupno na: [gospodarski.hr/rubrike/ratarstvo-rubrike/mikoriza-korisni-odnosi-izmedu-mikroorganizama-i-biljaka/](https://gospodarski.hr/rubrike/ratarstvo-rubrike/mikoriza-korisni-odnosi-izmedu-mikroorganizama-i-biljaka/) Datum pristupa: 24.01.2024.

8. Pavlović, M. (2023.): Povećanje mikorize korijena putem gnojiva - koje su prednosti?

Dostupno na: [agrokлуб.com/ratarstvo/povecanje-mikorize-korijena-putem-gnojiva-koje-su-prednosti/77853/](https://agrokлуб.com/ratarstvo/povecanje-mikorize-korijena-putem-gnojiva-koje-su-prednosti/77853/) Datum pristupa: 12.02.2024.

9. Martinović, T. (2023.): Kalcizacija kiselih tala na oranicama

Dostupno na: [gospodarski.hr/rubrike/ratarstvo-rubrike/kalcizacija-kiselih-tala-na-oranicama/](https://gospodarski.hr/rubrike/ratarstvo-rubrike/kalcizacija-kiselih-tala-na-oranicama/)  
Datum pristupa: 14.02.2024.

10. Širić, I., Držaić, V., Friganović, T. (2022.): Mogućnosti primjene mikoriznih gljiva u ekološkoj proizvodnji

Dostupno na: [hrcak.srce.hr/file/403788](https://hrcak.srce.hr/file/403788) Datum pristupa: 14.02.2024.

#### Jedinica s interneta:

11. Bonfante, P.: Microbiology society, Microbe Profile: *Gigaspora margarita*, a multifaceted arbuscular mycorrhizal fungus (2022.)

Dostupno na: [microbiologyresearch.org/content/journal/micro/10.1099/mic.0.001202](https://microbiologyresearch.org/content/journal/micro/10.1099/mic.0.001202)

Datum pristupa: 14.02.2024.

12. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske: Prva procjena površina važnijih usjeva u 2023. (2023.)

Dostupno na: <https://podaci.dzs.hr/2023/hr/58451> Datum pristupa: 24.01.2024.

13. Građevinski i vrtni centar Grama: Mikorizni mikroorganizmi – učinci na proizvodnju i kvalitetu (2017.)

Dostupno na: [grama.com.hr/ucinci-koristenja-mikoriznih-mikroorganizama-na-proizvodnju-i-kvalitetu/](https://grama.com.hr/ucinci-koristenja-mikoriznih-mikroorganizama-na-proizvodnju-i-kvalitetu/) Datum pristupa: 24.01.2024.

14. Jović, J. : Utjecaj mikrobiološkog pripravka i gnojidbe fosforom na prinos, kvalitetu i klijavost sjemena soje i kukuruza na kiselim tlima (2019.)

Dostupno na: [repositorij.fazos.hr/islandora/object/pfos:1631](https://repositorij.fazos.hr/islandora/object/pfos:1631) Datum pristupa: 14.02.2024.

15. Kesedžić, M. : Agrotehničke mjere u proizvodnji sjemenske pšenice (2016.)

Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:180271> Datum pristupa: 24.01.2024.

16. Ministarstvo poljoprivrede: Ratarstvo (2017.)

Dostupno na: [poljoprivreda.gov.hr/ratarstvo/197](https://poljoprivreda.gov.hr/ratarstvo/197) Datum pristupa: 24.01.2024.

17. National library of medicine: Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review (2019.)

Dostupno na: [ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6409995/a-pšenice-dobre-kakvoce/](https://ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6409995/a-pšenice-dobre-kakvoce/)

Datum pristupa: 24.01.2024.

18. Pajić, S., Hrgović, S., Međimurec, T. : Pravilnom agrotehnikom do visokih prinosa pšenice dobre kakvoće (2015.)

Dostupno na: [savjetodavna.hr/2015/10/01/pravilnom-agrotehnikom-do-visokih-prinosa-pšenice-dobre-kakvoce/](https://savjetodavna.hr/2015/10/01/pravilnom-agrotehnikom-do-visokih-prinosa-pšenice-dobre-kakvoce/)

Datum pristupa: 24.01.2024.

19. Pinova: Obrada, priprema tla, gnojidba i sortiment pšenice (2022.)

Dostupno na: [pinova.hr/obrada-priprema-tla-i-gnojidba-pšenice/](https://pinova.hr/obrada-priprema-tla-i-gnojidba-pšenice/) Datum pristupa: 24.01.2024.

20. Plants People Planet: A commercial arbuscular mycorrhizal inoculum increases root colonization across wheat cultivars but does not increase assimilation of mycorrhiza-acquired nutrients (2020.)

Dostupno na: [nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ppp3.10094](https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ppp3.10094)

Datum pristupa: 24.01.2024.

21. Radić, T. : Budućnost je u mikorizi, skrivenom životu masline (2015.)  
Dostupno na: [/maslina/maslinarstvo/buducnost-je-u-mikorizi-skrivenom-zivotu-masline-476470](#) Datum pristupa: 24.01.2024.
22. Ravnjak, B.: Primjena mikoriznih gljiva u poljoprivrednoj proizvodnji (2015.)  
Dostupno na: [repozitorij.fazos.hr/islandora/object/pfos:54](#) Datum pristupa: 24.01.2024.
23. Symborg: What is glomus iranicum var. Tenuihypharum and why is it better than other mycorrhiza-forming fungi? (2023.)  
Dostupno na: [symborg.com/ph/news-fp/glomus-iranicum-var-tenuihypharum/](#)  
Datum pristupa: 12.02.2024.
24. Symborg: Ectomycorrhizae and endomycorrhizae: How are they different?  
Dostupno na: [symborg.com/en/news/ectomycorrhizae-and-endomycorrhizae-how-are-they-different/](#) Datum pristupa: 12.02.2024.
25. Strunje, I.: Mikoriza - čudo prirode (2023.)  
Dostupno na: [homeogarden.com/hr/savjeti/mikoriza-cudo-prirode/](#)  
Datum pristupa: 24.01.2024.
26. Šeput, J. : Utjecaj mikoriznih gljiva na rast i razvoj voćarskih kultura (2017.)  
Dostupno na: [/zir.nsk.hr/islandora/object/pfos:1110/preview](#) Datum pristupa: 12.02.2024.
27. Štedul., N.: Mikoriza - nova tehnologija u poljoprivredi (2015.)  
Dostupno na: [.savjetodavna.hr/2015/11/26/mikoriza-nova-tehnologija-u-poljoprivredi/](#)  
Datum pristupa: 24.01.2024.
28. Timac Agro: Povećanje mikorize korijena putem gnojiva – koje su prednosti? (2015.)  
Dostupno na: [hr.timacagro.com/povecanje-mikorize-korijena-putem-gnojiva-koje-su-prednosti/](#) Datum pristupa: 12.02.2024.

29. Wikipedia: Gigaspora Margarita

Dostupno na: [en.wikipedia.org/wiki/Gigaspora\\_margarita](https://en.wikipedia.org/wiki/Gigaspora_margarita) Datum pristupa: 12.02.2024.

30. Wikipedia: The free encyclopedia - Climate change and gender

Dostupno na: [en.wikipedia.org/wiki/Climate\\_change\\_and\\_gender#](https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_change_and_gender#)

Datum pristupa: 24.01.2024.

31. Zhang, J., Zhang, S., Min, Cheng, Jiang, H., Zhang, X., Peng, C., Lu, X., Zhang, M., Jin, J.,: Effect of Drought on Agronomic Traits of Rice and Wheat: A Meta-Analysis (2018.)

Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5981878/>

Datum pristupa: 14.02.2024.



## 11. SAŽETAK

Pšenica je jedna od najvažnijih žitarica u Hrvatskoj pa tako i u svijetu. Možemo je nazvati strateškim čimbenikom svake zemlje s obzirom na globalne klimatske promjene i zahtjeve EU gdje se potiče reduciranje gnojidbe, ukidaju zaštitna sredstva, te aktivne tvari zaštitnih sredstava. Mikoriza je jedna od najučinkovitijih metoda za dobivanje zdravih i većih prinosa, najjeftinija je i u skladu s prirodom. Stoga, ljudi sve više pronalaze alternativu u različitim biopreparatima. Mikoriza predstavlja vrlo važnu vezu između biljke i tla. Usjevi pomoću nje rastu brže, imaju veću lisnu površinu i razvijeniji korijenov sustav, te su otporniji na patogene u tlu. Ono što treba naglasiti u odnosu između gljivice i biljke je obostrana korist - gljivica kolonizira korijen biljke i opskrbljuje ga vodom i mineralima, dok biljka izlučuje eksudate na korijenu koji koriste gljivicama. Mikorizu možemo nazvati "ključem" proizvodnje u održivoj poljoprivredi. Financijski je vrlo dostupna, smanjuje uporabu mineralnih gnojiva i pesticida, te osigurava biljci povoljan balans vode i hraniva. Jedna od glavnih prednosti ovakve zajednice je iskoristivost vode za vrijeme sušnih perioda, omogućuje usvajanje vode iz dubljih slojeva tla do kojih korijen nema mogućnost doprijeti. S obzirom da 70% sastava gljiva čini voda, hranjive tvari, hormoni, enzimi i ostale tvari na taj način dolaze do biljke.

Ključne riječi: Klimatske promjene, pšenica, mikoriza, korijen

## 12. SUMMARY

Wheat is one of the most important cereals in Croatia and in the world. We can call it a strategic factor of every country with regard to global climate change and EU requirements, where the reduction of fertilization is encouraged, protective agents are abolished, and the active substances of protective agents are abolished. Mycorrhiza is one of the most effective methods for obtaining healthy and higher yields, it is the cheapest and in harmony with nature. Therefore, people are increasingly finding an alternative in different biopreparations. Mycorrhiza represents a very important link between the plant and the soil. Crops using it grow faster, have a larger leaf area and a more developed root system, and are more resistant to pathogens in the soil. What should be emphasized in the relationship between the fungus and the plant is the mutual benefit - the fungus colonizes the root of the plant and supplies it with water and minerals, while the plant secretes exudates on the root that are used by the fungus. Mycorrhiza can be called the "key" to production in sustainable agriculture. It is financially very accessible, reduces the use of mineral fertilizers and pesticides and ensures a favorable balance of water and nutrients for the plant. One of the main advantages of this type of community is the use of water during dry periods, it enables the absorption of water from deeper layers of the soil that the roots cannot reach. Given that 70% of the composition of mushrooms is water, nutrients, hormones, enzymes and other substances reach the plant in this way.

Key words: Climate change, wheat, mycorrhiza, root

### **13. POPIS SLIKA**

**Slika 1.** Morfologija pšenice

**Slika 2.** Pšenica uslijed dugotrajnog sušnog perioda

**Slika 3.** Endomikoriza/Ektomikoriza

**Slika 4.** Iznikle biljke pšenice

**Slika 5.** *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharum*

**Slika 6.** *Gigaspora Margarita*

**Slika 7.** Razgranati korijen pšenice

**Slika 8.** Primjer djelovanja mikorize na korijenov sustav

**Slika 9.** Biopreparati

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij Biljna proizvodnja

Diplomski rad

## UTJECAJ TRETMANA SJEMENA PŠENICE ENDOMIKORIZNIM GLJIVAMA NA OTPORNOST PREMA SUŠI

### Sažetak

Pšenica je jedna od najvažnijih žitarica u Hrvatskoj pa tako i u svijetu. Možemo je nazvati strateškim čimbenikom svake zemlje s obzirom na globalne klimatske promjene i zahtjeve EU gdje se potiče reduciranje gnojidbe, ukidaju zaštitna sredstva, te aktivne tvari zaštitnih sredstava. Mikoriza je jedna od najučinkovitijih metoda za dobivanje zdravih i većih prinosa, najjeftinija je i u skladu s prirodom. Stoga, ljudi sve više pronalaze alternativu u različitim biopreparatima. Mikoriza predstavlja vrlo važnu vezu između biljke i tla. Usjevi pomoću nje rastu brže, imaju veću lisnu površinu i razvijeniji korijenov sustav, te su otporniji na patogene u tlu. Ono što treba naglasiti u odnosu između gljivice i biljke je obostrana korist - gljivica kolonizira korijen biljke i opskrbljuje ga vodom i mineralima, dok biljka izlučuje eksudate na korijenu koji koriste gljivicama. Mikorizu možemo nazvati "ključem" proizvodnje u održivoj poljoprivredi. Financijski je vrlo dostupna, smanjuje uporabu mineralnih gnojiva i pesticida, te osigurava biljci povoljan balans vode i hraniva. Jedna od glavnih prednosti ovakve zajednice je iskoristivost vode za vrijeme sušnih perioda, omogućuje usvajanje vode iz dubljih slojeva tla do kojih korijen nema mogućnost doprijeti. S obzirom da 70% sastava gljiva čini voda, hranjive tvari, hormoni, enzimi i ostale tvari na taj način dolaze do biljke.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Mentor: Prof. dr.sc. Suzana Kristek

Broj stranica: 33  
Broj grafikona i slika: 9 slika  
Broj literaturnih navoda: 31  
Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: Klimatske promjene, pšenica, mikoriza, korijen

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Doc. dr. sc. Jurica Jović, predsjednik povjerenstva
2. Prof. dr. sc. Suzana Kristek, mentor
3. Doc. dr. sc. Dario Iljkić, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, Osijek

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrotechnical Sciences Osijek  
University Graduate Studies, Plant production

Graduate thesis

### **INFLUENCE OF TREATMENT OF WHEAT SEEDS WITH ENDOMYCORRHIZAL FUNGI ON DROUGHT RESISTANCE**

#### **Abstract:**

Wheat is one of the most important cereals in Croatia and in the world. We can call it a strategic factor of every country with regard to global climate change and EU requirements, where the reduction of fertilization is encouraged, protective agents are abolished, and the active substances of protective agents are abolished. Mycorrhiza is one of the most effective methods for obtaining healthy and higher yields, it is the cheapest and in harmony with nature. Therefore, people are increasingly finding an alternative in different biopreparations. Mycorrhiza represents a very important link between the plant and the soil. Crops using it grow faster, have a larger leaf area and a more developed root system, and are more resistant to pathogens in the soil. What should be emphasized in the relationship between the fungus and the plant is the mutual benefit - the fungus colonizes the root of the plant and supplies it with water and minerals, while the plant secretes exudates on the root that are used by the fungus. Mycorrhiza can be called the "key" to production in sustainable agriculture. It is financially very accessible, reduces the use of mineral fertilizers and pesticides and ensures a favorable balance of water and nutrients for the plant. One of the main advantages of this type of community is the use of water during dry periods, it enables the absorption of water from deeper layers of the soil that the roots cannot reach. Given that 70% of the composition of mushrooms is water, nutrients, hormones, enzymes and other substances reach the plant in this way.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
Mentor: Prof. dr.sc. Suzana Kristek

Number of pages:33  
Number of figures: 9  
Number of references:31  
Original in: Croatian

Key words:Climate change, wheat, mycorrhiza, fungus, root

Thesis defended on date:

#### Reviewers:

- 1.Doc. dr. sc. Jurica Jović, chairman
- 2.Prof. dr. sc. Suzana Kristek, mentor
- 3.Doc. dr. sc. Dario Iljkić, member

Thesis deposited at: Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences in Osijek