

# Morfološke karakteristike mladih biljaka industrijske konoplje uz primjenu mikoriza i različitog osvjetljenja

---

Šmider, Terezija

Master's thesis / Diplomski rad

2022

*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:151:901201>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-19**



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 U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Terezija Šmider  
Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo  
Smjer Biljna proizvodnja

**MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE MLADIH BILJAKA  
INDUSTRIJSKE KONOPLJE UZ PRIMJENU MIKORIZA I  
RAZLIČITOG OSVJETLJENJA**

Diplomski rad

**Osijek, 2022.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Terezija Šmider  
Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo  
Smjer Biljna proizvodnja

**MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE MLADIH BILJAKA  
INDUSTRIJSKE KONOPLJE UZ PRIMJENU MIKORIZA I  
RAZLIČITOG OSVJETLJENJA**

Diplomski rad

**Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:**

1. doc. dr. sc. Monika Tkalec Kojić, predsjednica
2. doc. dr.sc. Ivana Varga, mentorica
3. doc. dr. sc. Jurica Jović, član

**Osijek, 2022.**

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Cilj istraživanja .....	2
2. PREGLED LITERATURE.....	3
3. MATERIJALI I METODE.....	6
4. REZULTATI.....	14
4.1. Morfološke karakteristike mladih biljaka industrijske konoplje .....	14
4.2. Masa mladih biljaka industrijske konoplje .....	16
4.3. Broj listova industrijske konoplje .....	19
4.4. Regresijska analiza .....	20
5. RASPRAVA .....	21
6. ZAKLJUČAK .....	26
7. POPIS LITERATURE.....	28
8. SAŽETAK .....	30
9. SUMMARY .....	31
10. PRILOZI .....	32

## 1. UVOD

Industrijska konoplja (*Cannabis sativa* L.) je jednogodišnja, dvodomna biljka iz porodice *Cannabinaceae* (Hulina, 2011.). Potječe od divlje konoplje (*Cannabis ruderalis* Janich). Ona je prva biljka koju je čovjek koristio za neke druge namjene, osim prehrambene. Glavni proizvođači industrijske konoplje danas su Francuska, Kina, Sjeverna Koreja, Čile i Ukrajina. Kod nas u Hrvatskoj se konoplja većinom proizvodi za sjeme s prinosom od 1,5 do 2 t/ha.

Industrijska se konoplja (*Cannabis sativa* L. subsp. *sativa*) (Slika 1.) često greškom zamjenjuje za indijsku konoplju (*Cannabis sativa* L. subsp. *indica*) radi vrlo sličnih morfoloških svojstava tih dviju biljaka, no ipak imaju znatnu razliku u količini tetrahidrokanabinola, odnosno tzv. THC-a. THC je psihoaktivna tvar kod ženskih biljaka konoplje. Industrijska konoplja sadrži 0,1 – 0,3 % THC-a, dok ga indijska može sadržavati i do 10 puta više.



Slika 1. Industrijska konoplja (*Cannabis sativa* L.).

Izvor: Autorska slika.

Biljka konoplje je vrlo značajna u smislu da se od njenih pojedinih dijelova može dobiti cijeli niz proizvoda. Stabljika sadrži dosta vlakana koja imaju ulogu u proizvodnji mreža, užadi, brtvila, papira, tkanine, građevinskog materijala i dr. Sjeme konoplje je nutritivno

vrijedno iz razloga što sadrži oko 25 % kvalitetnih proteina, razne vitamine, te oko 35 % ulja koje ima gotovo idealan omjer omega-3 i omega-6 masnih kiselina (Božić-Ostojić i sur., 2015.). Ono se koristi za proizvodnju ulja, sapuna, goriva, proteinskog praha, te se koristi i cijelo sjeme u ljudskoj prehrani, te prehrani ptica i životinja.

Kao usjev, konoplja je odlična predkultura za puno drugih ratarskih kultura jer za sobom ostavlja plodno i čisto od korova tlo.

Mikoriza je simbioza korijenja biljaka i gljivica iz tla koja poboljšava prehranu biljaka. Ona spada u grupu stimulatora biljnog rasta ili biostimulatora koji su netoksične tvari uglavnom prirodnog porijekla ili mikroorganizam koji se primjenjuje na biljke s ciljem ojačavanja tolerancije na abiotički stres i povećanje kvalitete usjeva, bez obzira na sadržaj hranjivih tvari (Du Jardin, 2015). Sama riječ mikoriza znači „gljivično korijenje“, što se odnosi na strukture koje formiraju stanice korijena i hife gljiva. Mikorizna simbioza je najstariji rasprostranjeni oblik gljivične simbioze s biljkama. Biljka i gljivica imaju obostranu korist od mikorize tako što gljivica kolonizira korijen biljke i opskrbljuje ga mineralima i vodom dok biljka izlučuje eksudate na korijenu koji koriste gljivicama.

### **1.1. Cilj istraživanja**

Cilj ovog diplomskog rada je odrediti morfološke karakteristike mladih biljaka industrijske konoplje uz primjenu vezikularno - arbuskularnih mikoriza i *Azotobacter chroococcum* te različitog osvjetljenja (plavo i bijelo led svjetlo) u kontroliranim uvjetima uzgoja.

## 2. PREGLED LITERATURE

Industrijska konoplja ima korijen u obliku vretena koji se ukorjenjuje plitko u tlo (Gadžo i sur., 2011.). Ima jedan glavni korijen iz kojega se razvija sekundarno korijenje koje se međusobno isprepliće tokom vegetacije. Najveći je dio korijena ukorijenjen u oraničnom sloju na dubini od 25 do 30 cm, te se širi oko 1 do 2 m oko biljke.

Stabljika je uspravna, zelene boje, zeljasta, no s vremenom odrveni (Gadžo i sur., 2011.). Člankovita je i šuplja, od 2 do 5 m visine.

List konoplje čini peteljka koja sadrži dva palistića koja su srasla sa stabljikom i prstasto razdijeljene liske. Plojka je s donje strane dlakava, a s gornje glatka s nazubljenim rubovima. Broj listova je uvijek neparan i kreće se između 3 i 13, od svijetlozelene do tamnozeleno su boje te je njihov raspored na stabljici nasuprotan, a na vršnom dijelu naizmjeničan.

Cvjetovi konoplje su većinom dvodomni, no postoje i jednodomni koji su dobiveni selekcijom i oni se rjeđe koriste u proizvodnji. Konoplja je stranooplodna biljka koja se oprašuje vjetrom (Gagro, 1998.).

Plod je orašac. Jajastog je oblika te je on istovremeno i sjeme. Ima tvrdi omot oko sebe koji ga štiti od mehaničkih oštećenja. Sjeme se sastoji od ljuske ploda, sjemene ljuske, endosperma i klice (Gagro, 1998.). U endospermu se nalazi škrob, a ulje se nalazi u ostalim dijelovima sjemenke. Boja mu varira od zelene, sive, smeđe do crvene te je prošarano prugama.

Riječ mikoriza dolazi od grčkih riječi *mukes* (gljiva) i *rhizos* (korijen) (Radić, 2013.). Kao što je već navedeno, pojam se odnosi na obostrano koristan simbiotski odnos korijenja viših biljaka i mikroskopskih gljivica u tlu. Važno je reći da govorimo o posebnoj vrsti gljivica koje ne bi mogle preživjeti samostalno, a da nisu u simbiozi s korijenom. Mikorizu je otkrio poljski botaničar Franciszek Kamienski 1880. godine te je o svome otkriću objavio znanstveni rad (Čolić, 2013.).

Tvorbe mikoriznih gljiva pronađene su u najstarijim fosilnim ostacima biljaka (Radić, 2013.). U tim davnim vremenima kopnene biljke nisu imale pravo korijenje, nego kratke tvorevine koje su im pomogle pričvrstiti se na tlo. Preferirale su vlažno tlo na kojima su mogle lakše doći do vode. Vjeruje se da su mikorizne gljive bile patogeni koji su invadirali biljke, te da od tada traje njihovo partnerstvo s drugim biljkama.

Provedena istraživanja rezultirala su dokazom da je mikoriza najbolja, najjeftinija i najučinkovitija metoda za dobivanje većih i zdravijih prinosa, te da je u potpunosti u skladu s prirodom (Čolić, 2013.). Zbog toga se smatra, u znanstvenom smislu, jednim pravim rješenjem za uzgoj raznih kultura, te za zaštitu ekosustava. Štoviše, preko 90 % biljnih vrsti prirodno stvara upravo takav simbiotski odnos.

U simbiotskoj zajednici gljiva pomaže biljci brže i efikasnije usvojiti vodu i minerale iz tla, a gljiva od biljke uzima gotovu organsku hranu koju biljka stvara u procesu fotosinteze (Bugarčić, 2015.). Micelij gljiva obavlja kratko i debelo bočno korijenje i tako preuzima funkciju korijenovih dlačica. Hife gljiva su jako tanke i puno ih je više u broju nego korijenovih dlačica, stoga mogu doprijeti i do najmanjih pora u tlu. S obzirom na sve to, biljke lakše usvajaju vodu i mineralne tvari iz tla, i to najviše nitrata i fosfata, te proizvode antibiotike koji štite sustav korijena od patogenih gljiva i mikroorganizama u tlu.

Prednosti mikorize (Bugarčić, 2015.) (Čolić, 2013.) su sljedeće:

- bolja ishrana jer gljivice pospješuju usvajanje vode, dušika i ugljika;
- gljivice luče enzime koji potječu bržu mineralizaciju organske tvari tla;
- gljivice luče kiseline kojima otapaju i usvajaju teško topive minerale;
- biljka ima veće šanse za opstanak u nepovoljnim klimatskim uvjetima jer hife gljivica djeluju kao biorezervoar vode u sušnim razdobljima;
- uravnotežen nepovoljan pH i zaslanjenost tla;
- zaštita biljke od velikih količina teških metala u tlu;
- povećana otpornost biljaka na patogene tla;
- gljivice luče vitamine i hormone koji potječu brži rast i razvoj biljaka;
- biljka bolje iskorištava dušik i fosfor;
- smanjenje potrošnje vode, gnojiva i sredstava za zaštitu bilja;
- povećanje uroda i kvalitete plodova.



Biognojiva, također poznata kao i bioinokulanti, su organski pripravci koji sadrže mikroorganizme korisne za poljoprivrednu proizvodnju u smislu opskrbe hranjivim tvarima, posebice dušikom i fosforom. Kada se koriste kao tretman sjemena ili tla ili čak za natapanje korijena sadnica, brzo se razmnožavaju i razvijaju gustu populaciju u rizosferi. Populacija *Azotobacteria* se pojavila kod brojnih usjeva kao što su riža, kukuruz, šećerna trska, povrće i plantažni usjevi. Oni dobivaju hranu iz organske tvari prisutne u tlu i izlučevina korijena te fiksiraju atmosferski dušik. U provedenim pokusima raspravljanim u radu korištene su nitrofiksirajuće bakterije *Azotobacter chroococcum* koje su bile dio biopripravka VAM + *Azotobacter chroococcum* u tekućem mediju.

### 3. MATERIJALI I METODE

Za potrebe ovog diplomskog rada pokus je bio postavljen u posudama u fitotronu kroz kraće vremensko razdoblje, kako bi se utvrdio utjecaj primjene vezikularno – arbuskularnih mikoriza (VAM) i *Azotobacter chroococcum* na porast mladih biljaka industrijske konoplje pri plavom i bijelom svjetlu. U istraživanju za diplomski rad je korištena sva dostupna i relevantna stručna te znanstvena literatura koja sadrži podatke o industrijskoj konoplji i biopripravku s vezikularno – arbuskularnom mikorizom. Korištene su fotografije s pokusa.

U ovome je pokusu korištena industrijska konoplja sorte Finola koja se koristi za proizvodnju ulja. Pokus je postavljen tako da je s biopripravkom VAM tretirano sjeme, sjeme + supstrat te kontrolni tretman bez biopripravka. Svaki tretman je postavljen u 4 ponavljanja. Kako bi se utvrdio utjecaj osvjetljenja na porast biljaka, pokus je postavljen na bijelom i na plavom svjetlu.

Prvi tretman je bio tretman tretiranja sjemena biopripravkom VAM. Obavljen je tako što se na 1 kg sjemena industrijske konoplje dodalo 10 g biopripravka VAM na nosaču biolit. Od tog 1 kg sjemena je izdvojeno 1 000 zrna te se izračunalo da se na dobivenu masu sjemena, koja je iznosila 11,8 g, trebalo dodati 0,12 g biopripravka VAM na nosaču biolit. U maloj se posudici pomiješalo sjeme sa biopripravkom VAM kako bi sjeme u potpunosti bilo prekriveno njime.

Kada je sjeme bilo spremno za sjetvu, trebalo je pripremiti supstrat u koje će se ono sijati. Korišten je dezinficirani supstrat iz vrećice koji je iznosio 1 075 g te se u njega dodalo 100 ml vode (Slika 2a.). Kada je i sjeme i supstrat bilo spremno, uzete su 4 aluminijske posude u koje se vršilo tretiranje (Slika 2b.). U svaku je posudu stavljeno 300 g čistog supstrata na dno, zatim se u njega postavilo 100 sjemenki tretiranog sjemena u redove kako bi ono bilo ravnomjerno raspoređeno po čitavoj posudi, te je to sjeme prekrivo s još 100 g čistog supstrata (Slika 3.).



(a)

(b)

Slika 2. Supstrat korišten za sjetvu (a) i polaganje sjemena u njega (b).

Izvor: Autorska slika.



Slika 3. Nicanje biljaka tretiranih biopripravkom VAM na nosaču biolit u posudama.

Izvor: Autorska slika.

Drugi je tretman bio tretman sjeme + supstrat biopripravkom VAM na nosaču biolit te VAM + *Azotobacter chroococcum* u tekućem mediju (Slika 4.). Sjeme konoplje je tretirano

biopripravkom VAM identično kao i kod prošlog tretmana, 0,12 g VAM biopripravka na nosaču biolit na 11,8 g sjemenki (masa 1 000 zrna). Supstrat se tretirao s 30 ml/kg biopripravka VAM + *Azotobacter chroococcum* u tekućem mediju na 50 g/kg supstrata. Kao i u prethodnom tretmanu, bilo je potrebno 400 g supstrata te se izračunalo da je na toliku količinu supstrata bilo potrebno 20 g biopripravka VAM na nosaču biolit i 12 ml biopripravka VAM + *Azotobacter chroococcum* u tekućem mediju za tretiranje. U jednu se posudu dodalo 400 g tla i tretiralo ga se sa izračunatim količinama biopripravaka VAM na nosaču biolit i VAM + *Azotobacter chroococcum* u tekućem mediju te se dobro izmiješalo. Ponovno se u 4 aluminijske posude prvo stavljalo 300 g tretiranog supstrata, zatim se dodalo 100 sjemenki tretiranog sjemena u redove i prekrilo se s još 100 g supstrata.



Slika 4. Nicanje biljaka u supstratu tretiranih biopripravkom VAM na nosaču biolit i VAM + *Azotobacter chroococcum* u tekućem mediju u posudama.

Izvor: Autorska slika.

Treći je tretman bio kontrolni tretman sjemena i supstrata, odnosno čisto se sjeme sijalo u čisti, netretirani supstrat (Slika 5.). Vrećica supstrata je iznosila 1 058 g u koju je dodano 100 ml vode te se od toga u svaku aluminijsku posudu stavljalo 400 g supstrata. Prvo je 300 g čistog supstrata stavljeno na dno posuda, zatim se dodalo 100 sjemenki čistog sjemena i prekrilo s još 100 g čistog supstrata.



Slika 5. Nicanje čistih biljaka u čistome supstratu u posudama.

Izvor: Autorska slika.

Sva tri tretmana, odnosno 12 posuda, su stavljena pod bijelo svjetlo (Slika 6.). Zatim su napravljena su još tri tretmana identična prethodno opisanim, samo su oni stavljeni pod plavo svjetlo (Slika 7.) kako bi se kasnije utvrdilo igra li osvjetljenje ulogu na iste tretmane.



Slika 6. Tretmani biljaka konoplje postavljeni pod bijelo svjetlo.

Izvor: Autorska slika.

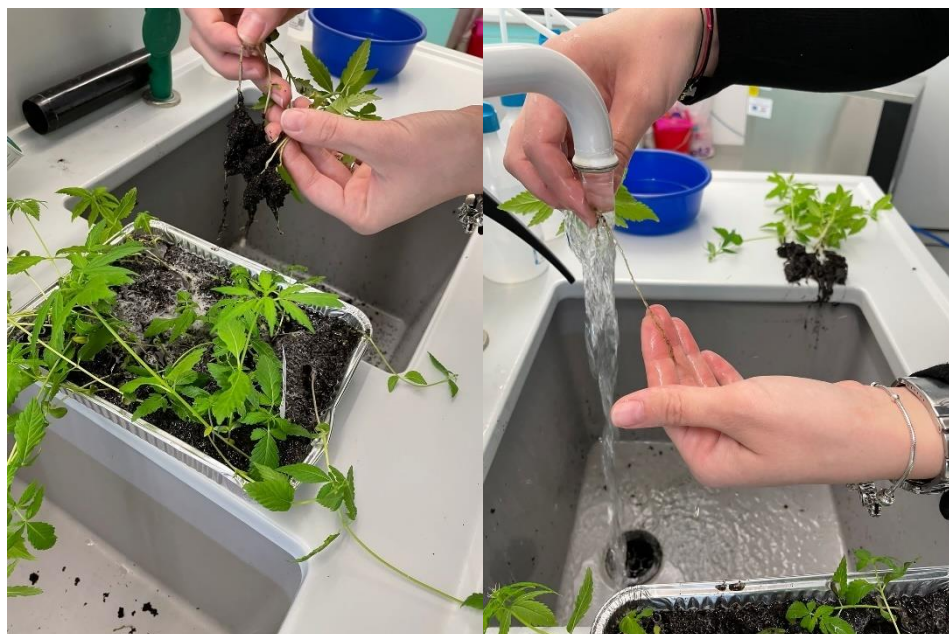
Sjetva prvih tretmana je obavljena 4. veljače 2022. godine u laboratoriju na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku te su napravljeni tretmani postavljeni u komoru pod bijelim svjetlom, a skidanje izraslih biljaka obavljeno je nakon mjesec dana, 4. ožujka 2022. Ponovljena sjetva istih tretmana, no koji su bili postavljeni u komoru za rast biljaka pod plavim svjetlom, je obavljena u istom laboratoriju 13. travnja, a skidanje izraslih biljaka 12. svibnja 2022. godine.



Slika 7. Tretmani biljaka konoplje postavljeni pod plavo svjetlo.

Izvor: Autorska slika.

Skidanje se obavilo tako da se supstrat u kojemu su biljke rasle natopio vodom radi lakšeg vađenja te da se korijen biljke ne pokida. Iz svake se posude izvadilo 20 uzoraka koji su kasnije korišteni za mjerenje. Nakon vađenja (Slika 8a.) se prvo opralo korijenje biljaka radi preciznijeg mjerenja i vaganja te općenito čistoće (Slika 8b.).



(a) (b)  
Slika 8. Vađenje (a) i pranje biljaka prije mjerenja (b).

Izvor: Autorska slika.

Prvo se mjerila dužina cijele biljke (Slika 9.), nakon toga se izvagala njena masa te su rezultati zapisani na papir predviđen za podatke mjerenja svih tretmana. Zatim se škarama odrezao korijen od ostatka biljke te se mjerila njegova dužina (Slika 10a.) i masa (Slika 10b.), nakon čega se isto ponovilo sa samom stabljikom (Slika 11.) te su rezultati također zapisani. Nakon mjerenja zasebnih dijelova biljke, sa stabljike su poskidani listovi (Slika 12b.) te je zapisano koliko je listova bilo na svakoj stabljici i tada su se skinuti listovi također izvagali te su i ti rezultati zapisani (Slika 12a.). Kada su sva mjerenja bila napravljena, listovi su stavljeni u male, zatvorene vrećice te su odneseni u frižider koji je namješten na  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  radi očuvanja njihovih svojstava.



Slika 9. Mjerenje dužine biljke.

Izvor: Autorska slika.



(a)

(b)

Slika 10. Mjerenje dužine (a) i mase korijena (b).

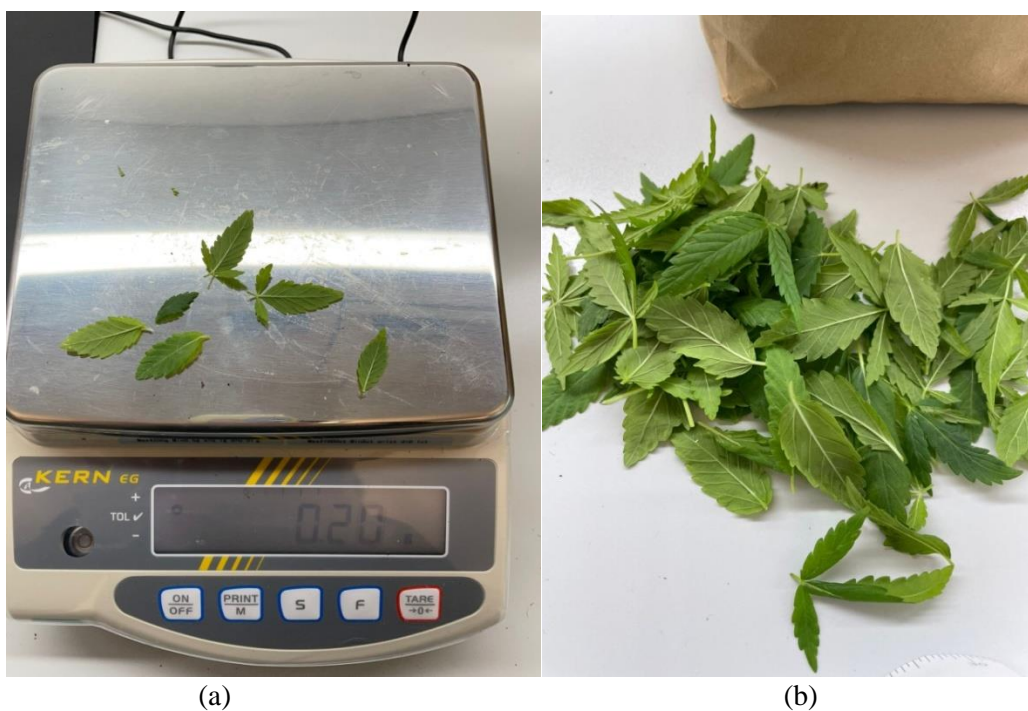
Izvor: Autorska slika.





Slika 11. Mjerenje mase biljke.

Izvor: Autorska slika.



(a)

(b)

Slika 12. Mjerenje mase listova jedne biljke (a) i skidanje svih listova sa stabljike konoplje (b).

Izvor: Autorska slika.

## 4. REZULTATI

### 4. 1. Morfološke karakteristike mladih biljaka industrijske konoplje

Prosječna dužina korijena u ovom istraživanju iznosila je 5,3 cm (Tablica 1.). Svjetlo je imalo vrlo značajan utjecaj na dužinu korijena koja je bila za 1,6 cm manja pod plavim svjetlom u odnosu na dužinu korijena uzgajanih pod bijelim svjetlom. Kod kontrolnog tretmana je vidljivo da je kod bijelog svjetla korijen bio za 1,3 cm duži nego kod plavog svjetla.

Tablica 1. Morfološke karakteristike mladih biljaka industrijske konoplje.

Svjetlo (A)	Mikoriza (B)			Prosjek i <i>A. chroococcum</i>
	Kontrola	Sjeme VAM	Sjeme VAM + tlo VAM	
Dužina korijena (cm)				
Plavo svjetlo	5,2	4,5	4,5	4,7
Bijelo svjetlo	6,5	6,0	6,5	6,3
Prosjek	5,9	5,5	5,2	<b>5,3</b>
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,41	LSD <sub>0,05</sub> (B) = NS		LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,70	
LSD <sub>0,01</sub> (A) = 0,54	LSD <sub>0,01</sub> (B) = NS		LSD <sub>0,01</sub> (AB) = 0,93	
Dužina stabljike (cm)				
Plavo svjetlo	15,0	14,8	9,9	13,2
Bijelo svjetlo	17,4	17,8	17,8	17,7
Prosjek	16,3	16,3	13,8	<b>15,5</b>
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,94	LSD <sub>0,05</sub> (B) = 1,50		LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 1,56	
LSD <sub>0,01</sub> (A) = 1,24	LSD <sub>0,01</sub> (B) = 1,85		LSD <sub>0,01</sub> (AB) = 2,05	
Dužina biljke (cm)				
Plavo svjetlo	20,2	19,4	14,3	18,0
Bijelo svjetlo	24,0	23,8	24,3	24,0
Prosjek	22,1	21,6	19,3	<b>21,0</b>
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 1,09	LSD <sub>0,05</sub> (B) = 1,79		LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 1,80	
LSD <sub>0,01</sub> (A) = 1,43	LSD <sub>0,01</sub> (B) = 2,20		LSD <sub>0,01</sub> (AB) = 2,37	

Kod tretmana sjemena biopripravkom VAM, korijen je također bio duži za 1,5 cm kod bijelog svjetla. Kod tretmana sjeme + supstrat biopripravkom VAM i *Azotobacter chroococcum*, korijen je za 2 cm duži kod bijelog, u odnosu na plavo svjetlo.

Najveći korijen imale su biljke uzgajane pod bijelim svjetlom (6,5 cm) i to uzgajane na kontrolnom tretmanu i uz tretman sjeme + supstrat uz primjenu biopripravka VAM i *Azotobacter chroococcum*. Tretman samog sjemena biopripravkom VAM pod bijelim svjetlom je za 0,5 cm manji od ostala dva.

Prosječna dužina stabljike prema tablici 1. iznosi 15,5 cm. I u ovome je slučaju bijelo svjetlo imalo veći i bolji učinak na dužinu stabljike nego plavo, i to za 4,5 cm razlike. Kod kontrolnog tretmana bijelog svjetla, stabljika je bila duža za 2,4 cm nego kod plavog svjetla. Kod tretmana sjemena biopripravkom VAM, dužina stabljike je isto duža kod bijelog svjetla, za 3 cm u odnosu na plavo. I kod zadnjeg tretmana sjeme + supstrat biopripravkom VAM i *Azotobacter chroococcum* također je vidljivo da bijelo svjetlo prevladava čak za 7,9 cm u odnosu na plavo.

Najveću stabljiku su imale biljke koje su uzgajane pod bijelim svjetlom (17,8 cm) na tretmanima samog sjemena biopripravkom VAM i na tretmanu sjeme + supstrat biopripravkom VAM i *Azotobacter chroococcum*. Ovdje je kontrolni tretman kod bijelog svjetla manji za 0,4 cm u odnosu na ostala dva.

Prosječna je dužina same biljke iznosila 21 cm (Tablica 1.). Kao i prema prethodnim podacima, i ovdje je bijelo svjetlo imalo značajniji utjecaj na biljku nego plavo svjetlo, biljka je bila duža za 6 cm pod bijelim svjetlom. Kod kontrolnog je tretmana biljka bila duža za 3,8 cm kod uzgoja pod bijelim svjetlom. Kod tretmana sjemena VAM biopripravkom, dužina biljke je bila za 4,4 cm veća kod bijelog svjetla. I kod tretmana sjeme + supstrat biopripravkom VAM i *Azotobacter chroococcum* opet je bijelo svjetlo prevladalo u dužini biljke i to za 10 cm u odnosu na plavo.

Najveće su biljke bile pod bijelim svjetlom na tretmanu sjeme + supstrat biopripravkom VAM i *Azotobacter chroococcum* (24,3 cm). Tretman samog sjemena biopripravkom VAM kod bijelog svjetla je manji od tretmana sjemena i tla za 0,5 cm, a kontrolni je tretman manji za 0,3 cm.

#### 4. 2. Masa mladih biljaka industrijske konoplje

Masa korijena mladih biljaka konoplje je u prosjeku iznosila 0,08 g (Tablica 2.). Na masu korijena je plavo svjetlo bilo značajnijeg utjecaja u odnosu na bijelo, iako za samo 0,01 g. Kontrolni je tretman kod plavog svjetla bio uspješniji za 0,03 g nego kod bijelog svjetla. Tretman sjemena biopripravkom VAM je bio uspješniji kod bijelog svjetla nego kod plavog na masu korijena za 0,02 g. Kod tretmana sjeme + supstrat biopripravkom VAM i *Azotobacter chroococcum* plavo je svjetlo opet bilo uspješnije na masu korijena za 0,03 g nego bijelo svjetlo.

Najveća je masa korijena bila kod tretmana sjemena VAM biopripravkom pod bijelim svjetlom (0,11 g), no plavo je svjetlo značajnije utjecalo na masu korijena kod kontrolnog tretmana (0,10 g) te kod tretmana sjeme + supstrat biopripravkom VAM i *Azotobacter chroococcum* (0,07 g).

Masa je stabljike prosječno bila 0,39 g (Tablica 2.). Kod njene je mase značajnije bilo bijelo svjetlo jer je iznosila 0,05 g više od mase stabljike pod plavim svjetlom. Kontrolni je tretman bio bolji kod plavog svjetla za 0,02 g, dok je tretman sjemena biopripravkom VAM i *Azotobacter chroococcum* bio bolji kod bijelog svjetla u odnosu na plavo za 0,03 g, a tretman i sjeme + supstrat istim pripravkom je za 0,15 g bio uspješniji kod bijelog svjetla.

Najveća masa stabljike se pokazala kod kontrolnog tretmana pod plavim svjetlom te kod tretmana sjemena VAM biopripravkom kod bijelog svjetla (0,44 g). Najmanja je masa, koja je ujedno i jedina koja ima veća odstupanja, bila kod tretmana sjeme + supstrat biopripravkom VAM i *Azotobacter chroococcum* i to kod plavog svjetla (0,25 g) što je težinski iznosilo 0,19 g manje od ostala dva tretmana s najvećom masom.

Prosječna masa same biljke, vidljivo u tablici 2., je iznosila 0,48 g te je bila za 0,05 g veće težine pod bijelim nego pod plavim svjetlom. Kod kontrolnog je tretmana veća masa bila kod plavog svjetla nego kod bijelog za 0,05 g, kod tretmana tretiranja sjemena biopripravkom VAM masa se pokazala većom kod uzgoja pod bijelim svjetlom za 0,05 g u odnosu na plavo, te kod tretmana sjeme + supstrat biopripravkom VAM i *Azotobacter chroococcum* također se bijelo svjetlo pokazalo uspješnije u odnosu na plavo i to za 0,13 g.

Najveća se masa biljke pokazala kod bijelog svjetla na tretmanu samog sjemena VAM biopripravkom (0,55 g), no nju odmah slijedi kontrolni tretman pod plavim svjetlom koji je iznosio 0,54 g mase biljke.

Tablica 2. Masa svježe tvari mladih biljaka industrijske konoplje.

Svjetlo (A)	Mikoriza (B)			
	Kontrola	Sjeme VAM	Sjeme VAM + tlo VAM i <i>A. chroococcum</i>	Prosjek
Masa korijena (g)				
Plavo svjetlo	0,10	0,09	0,07	0,09
Bijelo svjetlo	0,07	0,11	0,04	0,08
Prosjek	0,08	0,10	0,06	<b>0,08</b>
LSD <sub>0,05</sub> (A) = NS	LSD <sub>0,05</sub> (B) = 0,04		LSD <sub>0,05</sub> (AB) = NS	
LSD <sub>0,01</sub> (A) = NS	LSD <sub>0,01</sub> (B) = NS		LSD <sub>0,01</sub> (AB) = NS	
Masa stabljike (g)				
Plavo svjetlo	0,44	0,41	0,25	0,37
Bijelo svjetlo	0,42	0,44	0,40	0,42
Prosjek	0,43	0,42	0,32	<b>0,39</b>
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,031	LSD <sub>0,05</sub> (B) = NS		LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,05	
LSD <sub>0,01</sub> (A) = 0,041	LSD <sub>0,01</sub> (B) = NS		LSD <sub>0,01</sub> (AB) = 0,07	
Masa biljke (g)				
Plavo svjetlo	0,54	0,50	0,32	0,45
Bijelo svjetlo	0,49	0,55	0,45	0,50
Prosjek	0,52	0,53	0,38	<b>0,48</b>
LSD <sub>0,05</sub> (A) = NS	LSD <sub>0,05</sub> (B) = NS		LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,08	
LSD <sub>0,01</sub> (A) = NS	LSD <sub>0,01</sub> (B) = NS		LSD <sub>0,01</sub> (AB) = 0,10	
Masa listova jedne biljke (g)				
Plavo svjetlo	0,24	0,21	0,13	0,19
Bijelo svjetlo	0,17	0,18	0,16	0,17
Prosjek	0,21	0,20	0,14	<b>0,18</b>
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,017	LSD <sub>0,05</sub> (B) = 0,02		LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,03	
LSD <sub>0,01</sub> (A) = 0,022	LSD <sub>0,01</sub> (B) = 0,03		LSD <sub>0,01</sub> (AB) = 0,04	

Na kraju, prosječna masa listova jedne biljke prema tablici 2. iznosi 0,18 g i plavo se svjetlo pokazalo boljim u odnosu na bijelo za 0,02 g. Kontrolni se tretman pod plavim svjetlom pokazao uspješnijim za 0,07 g nego pod bijelim. Tretman tretiranja sjemena biopripravkom VAM je također prevladao kod plavog svjetla za 0,03 g. Jedino se kod tretmana sjeme + supstrat biopripravkom VAM i *Azotobacter chroococcum* bijelo svjetlo pokazalo boljim za 0,03 g u odnosu na plavo svjetlo.

Najveća se masa listova jedne biljke pokazala kod kontrolnog tretmana pod plavim svjetlom (0,24 g). Nju slijedi masa kod tretmana samog sjemena VAM biopripravkom također pod plavim svjetlom (0,21 g).

### 4. 3. Broj listova industrijske konoplje

Prema tablici 3. je vidljivo da je bilo prosječno pet listova po biljci. Plavo je svjetlo imalo veći i bolji učinak na listove jer je kod svih tretmana koji su bili podloženi plavom svjetlu broj listova veći, što je u prosjeku dva lista po biljci.

Kod kontrolnog tretmana, broj je listova kod plavog svjetla veći za dva lista nego kod bijelog svjetla. Kod tretmana samog sjemena biopripravkom VAM, broj je listova također za dva lista veći kod plavog nego kod bijelog svjetla. I kod tretmana sjeme + supstrat biopripravkom VAM i *Azotobacter chroococcum*, razlika je samo u jednom listu po biljci kojeg ima više kod biljaka pod plavim svjetlom u odnosu na bijelo.

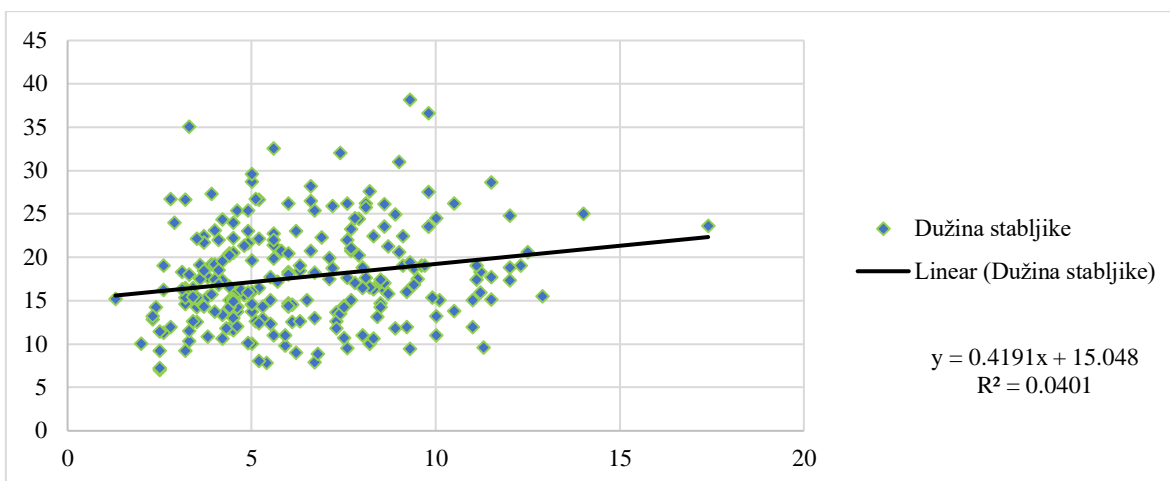
Kao što je rečeno, broj listova je najveći kod primjene plavog svjetla, i to kod kontrolnog tretmana te tretmana sjemena biopripravkom VAM (6 listova). Tretman sjeme + supstrat biopripravkom VAM i *Azotobacter chroococcum* razlikuje se u samo jednom listu manjka od ostala dva tretmana.

Tablica 3. Broj listova po biljci industrijske konoplje.

Svjetlo (A)	Mikoriza (B)			Prosjeak
	Kontrola	Sjeme VAM	Sjeme VAM + tlo VAM i <i>A. chroococcum</i>	
Plavo svjetlo	6	6	5	6
Bijelo svjetlo	4	4	4	4
Prosjeak	5	5	5	<b>5</b>
LSD <sub>0,05</sub> (A) = 0,2	LSD <sub>0,05</sub> (B) = NS		LSD <sub>0,05</sub> (AB) = 0,3	
LSD <sub>0,01</sub> (A) = 0,3	LSD <sub>0,01</sub> (B) = NS		LSD <sub>0,01</sub> (AB) = 0,4	

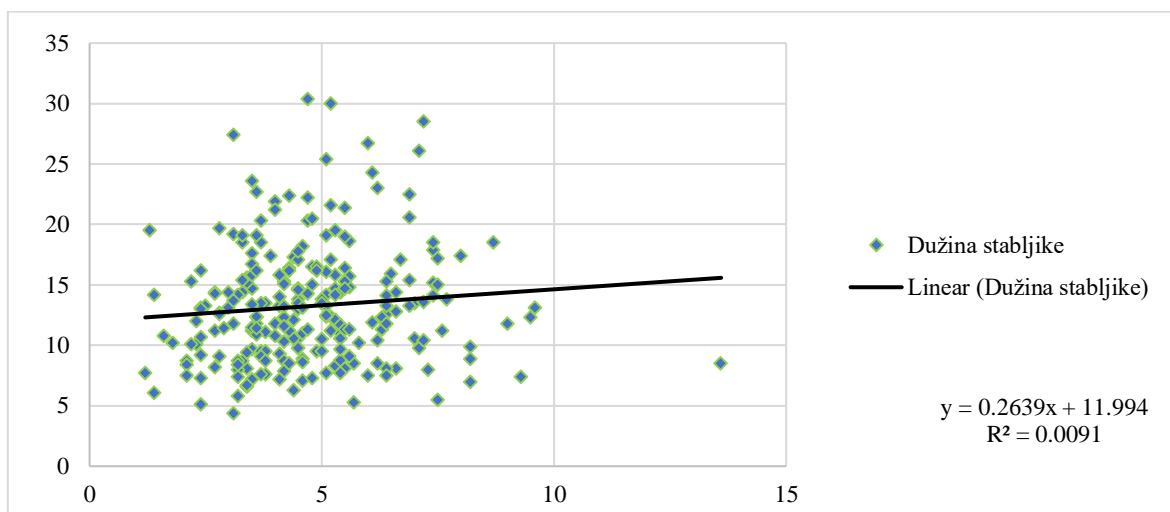
#### 4.4. Regresijska analiza

Dužina cijelih stabljika je mjerena odmah nakon vađenja biljaka. Rezultati mjerenja su prikazani u grafikonu 1. gdje je vidljivo da su biljke koje su uzgajane pod bijelim svjetlom bile veće dužine od biljaka koje su uzgajane pod plavim svjetlom, vidljivo u grafikonu 2.



Grafikon 1. Dijagram rasipanja dužine korijena i dužine stabljike na bijelom svjetlu (N = 240).

Prema linearnoj regresiji utvrđen je pozitivan trend rasta stabljike i korijena. Tako je na bijelom svjetlu utvrđeno kako se za svaki centimetar povećanja dužine korijena, dužina stabljike povećava za 0,42 cm (Grafikon 1.), dok se na plavom svjetlu dužina stabljike povećavala skoro duplo manje, tj. za 0,26 cm (Grafikon 2.).



Grafikon 2. Dijagram rasipanja dužine korijena i dužine stabljike na plavom svjetlu (N = 240).



## 5. RASPRAVA

Industrijska konoplja se vrlo dobro i vrlo brzo prilagođava staništu i njihovim uvjetima na kojem se uzgaja. Ovisno o tom području i uvjetima uzgoja, ona ima sposobnost mijenjati svoja fiziološka i morfološka svojstva. Konoplja najbolje uspijeva u toploj i vlažnijoj kontinentalnoj klimi.

Konoplja se uzgaja za proizvodnju vlakna i za proizvodnju sjemena. Sorte za uzgoj vlakna se siju u gusti sklop tako da se biljke manje granaju i da stabljike ostanu tanke, a sorte za uzgoj sjemena se siju u rijetki sklop zbog formiranja većeg broja grana na kojima će se razviti plodovi. Tehnologija proizvodnje se prilagođava zahtjevima sorte, no ne zahtjeva posebnu mehanizaciju, osim za žetvu.

Konoplja kao kultura ne zahtjeva posebne predusjeve i lako se uključuje u većinu plodoreda (Pospišil, 2013.). Moguće ju je uzgajati i u monokulturi, ali samo dvije do tri godine na plodnim tlima. Zahtjeva dobru obradu tla i gnojidbu zbog neravnomjernog iskorištavanja hraniva. Uzgoj u monokulturi povećava napad bolesti i štetnika. Predusjevi koji najbolje odgovaraju konoplji su krumpir, soja, strne žitarice, crvena djetelina, lucerna, kukuruz i šećerna repa. Nakon nje se može sijati većina ratarskih kultura jer ostavlja tlo čistim od korova i bogato hranivima.

Industrijska konoplja zahtjeva duboku obradu tla. Jara je kultura, stoga i zahtjeva obradu tla namijenjenu za jarine, a vrijeme i način obrade ovise o predkulturi. Ako je prije nje na zemljištu bila uljana repica ili strne žitarice onda se nakon prašenja strništa obavlja ljetno oranje na 20 – 25 cm dubine te se tada može zaorati stajski gnoj. U jesen se treba duboko orati na 30 – 40 cm dubine jer dobra i duboka obrada može povećati prinos radi boljeg nakupljanja vode tijekom ljetnih mjeseci.

Što se tiče gnojidbe, konoplja je prema njoj zahtjevna kultura. Korijen je slabije razvijen i time ima slabiju usisnu moć pa treba osigurati hraniva u dovoljnim količinama te lako pristupačnim oblicima (Gagro, 1998.). Da bi se uzgojila 1 tona stabljike potrebno je 15 – 20 kg dušika, 4 – 5 kg fosfora i 15 – 20 kg kalija. Od ukupne količine dušika kojeg biljka usvoji, u tlo se vraća 69 %, a 31 % se iznosi prinosom. 33 % fosfora se vrati u tlo, a 67 %

se iznese prinosom. 53 % kalija se vrati u tlo, a žetvom se iznese 47 % (Baxter i Scheifele, 2000.). Konoplja se može gnojiti kombinacijom stajskog gnoja i mineralnih gnojiva, no mogu se koristiti i samo mineralna gnojiva. Stajski je gnoj potrebno zaorati u ljetnom ili jesenskom oranju. 1/2 ili 2/3 ukupne količine fosfora i kalija se unosi osnovnom obradom tla, a ostatak se dodaje predsjetveno zajedno s 1/2 ukupne količine dušika. Druga 1/2 dušika se dodaje u dvije prihrane, prva 20 dana nakon nicanja, a druga 20 dana nakon prve.

Konoplja usvaja dušik od nicanja sve do kraja vegetacije. Najviše ga je potrebno u fazi brzog porasta jer je glavni element potreban za izgradnju nadzemne mase te pozitivno utječe na prinos vlakna. Fosfor se usvaja tijekom cijele vegetacije, no najviše je potreban u fazi formiranja zrna. Pozitivno utječe na prinos vlakna i bolju kvalitetu. Biljka usvaja kalij od nicanja pa sve do formiranja i razvijanja vlakana. Pozitivno utječe na povećanje prinosa stabljike i čvrstoću vlakana.

Kod konvencionalnog uzgoja u zaštićenim prostorima neophodno je kontrolirati mikroklimatske elemente, posebno svjetlost, temperaturu i vlažnost (Crole - Rees i sur., 2012.). Važni čimbenici za podizanje zaštićenog prostora su lokacija, udaljenost od onečišćivača, konfiguracija terena, nagib i položaj, razina podzemne vode, zaštita od vjetra, pristupačnost vode. Zaštićeni prostor također mora biti udaljen od industrijskih postrojenja te glavnih prometnica zbog štetnih plinova koji imaju negativan učinak na biljku, prvobitno tako što smanjuju propusnost svjetla koja je biljkama neophodna, stoga je poželjno podignuti prirodne ili umjetne ograde te provjetravati zaštićene prostore (Parađiković i Kraljičak, 2008.).

Bitno je i pravilno izabrati lokaciju prostora. Najbolje ga je postaviti u smjeru sjeverozapad – jugoistok. Razlog tomu je što su kutne strane objekta tada okrenute pravcu udara jačih vjetrova (sjever - jug) što amortizira te udare (Kurtović i Lokvančić, 2011.). Mjesta koja se nalaze na visokoj nadmorskoj visini te uz riječne tokove nisu pogodan izbor za izgradnju zaštićenih prostora radi visokog intenziteta vlage, jutarnjih magli i tla koje je hladnije što utječe na oštećenje korijena. Vjetar može imati negativne učinke na zaštićene prostore ukoliko se ti prostori nalaze na zaklonjenim terenima ili se oko njih podižu nepropusni zakloni, koji bi inače trebali biti 50 % propusni kako bi vjetar kroz njih mogao strujati, jer će tada samo preći preko njih (Parađiković i Kraljičak, 2008.). Zakloni trebaju biti jači i

viši sa sjeverne strane zbog jačih vjetrova, a niži sa južne i ne smiju bacati sjenu na zaštićene prostore.

Osvjetljenje je važan čimbenik kod uzgoja i razvoja biljaka. Različita osvjetljenja različito utječu na njihov rast. Cgeng i suradnici (2022.) su obavili istraživanje u kojem su ispitivali rast i razvoj industrijske konoplje, sadržaj klorofila, izmjenu plinova te antioksidativni kapacitet pod bijelim svjetlom, plavim i crvenim svjetlom te 50 % plavog i 50 % crvenog svjetla kako bi zaključili koje svjetlo ima najbolji učinak na konoplju i njen sastav. Rezultati su pokazali da je plavo svjetlo značajno utjecalo na visinu i masu biljke, broj listova po stabljici te dužinu korijena. Crveno svjetlo i 50 % plavog i crvenog svjetla, s druge strane, je pokazalo da biljke uzgajane pod njima imaju manju masu, niže su i sitnijeg korijena te imaju manji broj listova po stabljici. Što se tiče sadržaja klorofila, istraživanje je pokazalo da ga se više nalazi u biljkama uzgajanim pod plavim svjetlom. Također je plavo svjetlo, u odnosu na crveno, bilo značajnije u izmjeni plinova i samim time u procesu fotosinteze kod biljaka konoplje. Za razliku od boljeg utjecaja plavog svjetla na prijašnje karakteristike biljaka, crveno i 50 % crveno - plavog svjetla se pokazalo učinkovitije na aktivnost antioksidativnih enzima u odnosu na bijelo svjetlo, i čak pad aktivnosti kod uzgoja pod plavim svjetlom. No, u odnosu na druga istraživanja koja pokazuju drugačije rezultate, znanstvenici misle je različita aktivnosti antioksidansa rezultat promjene u funkciji proteina u raznim tkivima biljke. Sa svim prikupljenim podacima, znanstvenici su sigurni da plavo svjetlo igra veliku ulogu u uzgoju industrijske konoplje te na njene karakteristike i kvalitetu te zaključuju da je veliki potencijal plavoga svjetla na proizvodnju konoplje i da treba nastaviti s daljnjim istraživanjima radi što boljih rezultata.

Konvencionalna je poljoprivreda zbog prevelike upotrebe pesticida, sintetskih gnojiva i oranja prouzročila izrazito smanjenje prirodnih populacija korisnih mikroorganizama u tlu (Radić, 2013.). Upravo je zbog toga uvelike pomogla primjena mikoriznih gljiva u poljoprivrednoj proizvodnji. Mikorize se najbolje razvijaju pri smanjenoj učestalosti oranja jer se tada ne narušavaju njihove mreže, pri postojanju stalnog zelenog pokrova te u uvjetima smanjenog korištenja pesticida i sintetskih gnojiva, štoviše ove gljive pokazuju svoju najveću korist kod primjene organskih gnojiva. U takvim se uvjetima razvijaju i drugi korisni mikroorganizmi. Na tržištu postoje komercijalni proizvodi koji sadrže mikorizne gljive koji se nazivaju bioregulatorima, biognojivima ili biozaštitnicima.

Kulture poput uljane repice, šećerne repe, špinata, lupine, neke kupusnjače poput kelja, cvjetače, brokule i rotkvice ne uspostavljaju mikorizne odnose (Draguzet, 2015.). Neke biljke poput orhideje, brusnice i borovnice ne mogu klijeti niti rasti bez mikoriznih gljiva (Bugarčić, 2015.). Bez njih ne mogu preživjeti ni luk, kukuruz, trave i leguminoze. Takve se vrste nazivaju obligatnim mikrotrofima. Kulture kojima je potrebno više vode, poput lubenice, dinje, rajčice, krastavca i ostalih, također odlično reagiraju na simbiozu s mikorizom.

Agrotehnika ima značajan utjecaj na mikorizne gljive. Na njih pozitivno djeluje reducirana duboka obrada tla, plodored, zelena i organska gnojidba, izostavljanje uporabe pesticida i fosfornih gnojiva.

Mikoriza u simbiozi s kulturama može biti vrlo značajna u uzgoju presadnica povrća, pri uzgoju u zaštićenim prostorima te bilo gdje gdje se želi izbjeći korištenje velikih količina gnojiva i pesticida. Kod presadnica povrća utvrđene su značajne prednosti u odnosu na nemikorizirane biljke, biljke su se brže razvijale čime se skratilo vrijeme proizvodnje. Mikorizirane presadnice imaju prednost kod sadnje u sterilizirano tlo nakon dezinfekcije u zaštićenim prostorima (Benko, 2015.). Primjenom mikorize moguće je oporaviti većinu oštećenih biljaka uslijed primjene prevelikih količina pesticida. Također je moguće povećati otpornost na bolesti, što ima veliki značaj u ekološkoj poljoprivredi povrća radi manje primjene zaštitnih sredstava.

Vinova loza i maslina su kulture na Mediteranu koje također imaju velike koristi od simbiotskog uzgoja s mikoriznim gljivama. Vinova loza ima relativno plitko korijenje i baš radi toga mikoriza ima veliku ulogu jer nadoknađuje njezin mali volumen korijena te omogućuje lakšu opskrbu biljke fosforom spojevima koji su u tlu u teže pristupačnim oblicima, kao i bolju opskrbu kalcijem i cinkom. Između biljke i mikorize dolazi do izmjene hormona rasta. Takvi spojevi povećavaju otpornost masline i vinove loze na bolesti. Nakon presađivanja biljaka u vinograd ili maslinik, mlade se sadnice što brže trebaju oporaviti od presađivanja. Taj oporavak ponekad može biti otežan zbog loše razvijenog korijenovog sustava, stoga se mlade sadnice pri presađivanju tretiraju mikoriznim gljivama što pomaže kod otpornosti na bolesti (Radić, 2013.). Mikoriziranje mladih sadnica je važno na tlima koja su siromašna hranivima. Vrlo je važno znati kojim mikoriznim gljivama treba tretirati sadnice. Vrste i spojevi mikoriznih gljiva koji su

karakteristični za maslinu i vinovu lozu te sredozemnu klimu i tip tla, vrlo su drugačiji od ostalih kultura, vrste klime i tla. Nekoliko je istraživanja pokazalo da rast i razvoj vinove loze uvelike ovisi o simbiozi s mikoriznom gljivom (Karoglan i sur., 2013). Uobičajeno gospodarenje vinogradima često ima negativan utjecaj na biološku aktivnost tla i mikoriznu simbiozu i tako smanjuje broj autohtonih mikoriznih gljiva. Kako se pratio utjecaj inokulacije korijena loze gljivicama utvrdilo se da različite mikorizne vrste imaju različiti utjecaj na razvoj vinove loze.

Prva vrsta roda *Azotobacter*, nazvana *Azotobacter chroococcum*, izolirana je iz tla u Nizozemskoj 1901. godine. *Azotobacter* predstavlja glavnu skupinu heterotrofnih slobodnih živućih bakterija koje vežu dušik uglavnom nastanjene na neutralnim ili alkalnim tlima. *Azotobacter* se koristi za proučavanje fiksacije dušika i inokulacije biljaka zbog brzog rasta i visoke razine fiksacije dušika. Povećanje prinosa kreće se od 2 - 45 % kod povrća, 9 - 24 % kod šećerne trske, 0 - 31 % kod kukuruza, sirka, gorušice itd.

Osim što pomaže rastu usjeva, *Azotobacter chroococcum* također pomaže usjevima u rastu na zagađenim tlima. Također može preživjeti i poboljšati rast usjeva u tlima zagađenim teškim metalima kada je sjeme inokulirano bakterijom prije sadnje te može djelovati i kao fungicid koji se koristi za tretiranje tla i biljaka zaraženih gljivicama. Ova bakterija se također može koristiti i za određivanje hranjivog sastava tla. Budući da i biljke i *Azotobacter chroococcum* trebaju fosfor i kalij za rast, ova se bakterija može koristiti za određivanje prikladnosti tla za rast usjeva, budući da uspijeva na tlima koja imaju te hranjive tvari.

## 6. ZAKLJUČAK

Mikoriza omogućava rast i razvoj biljaka kod teških uvjeta tla. Velika većina svih biljnih vrsta ima mogućnost razviti simbiotsku zajednicu s mikoriznim gljivama. Njihov međusobni odnos i partnerstvo može povećati otpornost i toleranciju biljaka na biotski i abiotski stres. Uporaba mikoriznih gljiva predstavlja važan biološki faktor u zaštiti bilja. Poznato je da se u poljoprivrednoj proizvodnji sve češće vrši inokulacija sjemena te treba nastaviti s istraživanjem njene učinkovitosti jer ima odlične prednosti kao što je gušći i zdraviji korijenov sustav, veći urod, manja potreba za gnojidbom, veća otpornost na sušu, soli i teške metale, zaštita od bolesti te povećan prinos. Simbiozom mikoriznih gljivica i korijena značajno se povećava usvajanje dušika, fosfora i kalcija te mikroelemenata.

Kako vrijeme prolazi sve se više dolazi do zaključka da je mikoriza jedino rješenje za budućnost uzgoja kultura te za očuvanje ekosustava. Time rečeno, potrebno je obratiti pozornost kako gospodariti tlom, koliko se količinski koristi gnojiva i svih pesticida za zaštitu bilja jer je to jedina opcija očuvanja tla kao kvalitetne poljoprivredne površine neophodne za proizvodnju zdrave hrane.

Prema rezultatima je vidljivo da ima koristi od simbioze s mikorizom i to, što se tiče veličine biljke i njenih pojedinih dijelova, najviše kod tretmana sjemena i tla mikorizom kod uzgoja pod bijelim svjetlom, no razlika između svih tretmana je mala. Dužina korijena je ista kod kontrolnog tretmana te tretmana sjemena i tla mikorizom i iznosi 6,5 cm, što je za 0,5 cm duže od tretmana samog sjemena mikorizom. Dužina stabljike je ista kod tretmana samog sjemena i tretmana sjemena i tla mikorizom te iznosi 17,8 cm što je samo za 0,4 cm duže od kontrolnog tretmana. I dužina same biljke je najveća kod tretmana sjemena i tla mikorizom te iznosi 24,3 cm, a kontrolni tretman je kraći za 0,3 cm te tretman samog sjemena je kraći za 0,5 cm.

Najveća masa biljke prevladava kod tretmana sjemena mikorizom kod uzgoja pod oba svjetla, no razlika među tretmanima je također mala. Masa korijena je najveća kod tretiranog sjemena mikorizom pod bijelim svjetlom koja iznosi 0,11 g te koju slijedi kontrolni tretman pod plavim svjetlom za samo 0,01 g manje. Masa stabljike je najveća kod kontrolnog tretmana pod plavim svjetlom te tretmana sjemena mikorizom pod bijelim

svjetlom i oba iznose 0,44 g, a njih prati kontrolni tretman pod bijelim svjetlom koji je za 0,02 g manji. Masa biljke je najveća kod tretmana sjemena mikorizom pod bijelim svjetlom sa 0,55 g te ju prati kontrolni tretman pod plavim svjetlom za 0,01 g manje. I masa listova jedne biljke je najveća kod kontrolnog tretmana pod plavim svjetlom sa težinom od 0,24 g, a iza njega se nalazi tretman sjemena mikorizom pod plavim svjetlom sa 0,03 g manje.

I na kraju broj listova je bio veći kod tretmana kontrole i samog sjemena mikorizom pod plavim svjetlom (6 listova) te su bili bolji za dva lista od svih tretmana pod bijelim svjetlom (4 lista).

Uzimajući u obzir da će se simbioza biljaka s mikorizom vjerojatno češće koristiti na proizvodnim površinama pod prirodnim svjetlom, može se sa sigurnošću reći da će primjena mikorize u poljoprivrednoj proizvodnji doprinijeti većem i boljem razvoju biljaka te samom prinosu. Vidjevši da su rezultati primjenom mikorize bolji, njena se simbioza s industrijskom konopljom treba nastaviti usavršavati kako bi budući rezultati bili još bolji i s većim odstupanjima od čiste sjetve.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Allen, M.F. (1991.): The Ecology of Mycorrhizae. Cambridge University Press.
2. Azcón-Aguilar, C., Barea, J.M. (1992.): Interactions between Mycorrhizal Fungi and Other Rhizosphere Microorganisms. In: M.J. Allen ed. Mycorrhizal Functioning. An Integrative Plant Fungal Process. C H Publishing.
3. Baxter, B., Scheifele, G. (2000.): Growing industrial hemp in Ontario. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
4. Benko, B. (2015.): Mikoriza i cijepljenje – povećan prinos povrća, *Gospodarski list* 13/2015., str. 40-42.
5. Božić-Ostojić, Lj., Antunović, S., Vujčić, B., Martić, M. (2015.): Industrijska konoplja – biljka prošlosti i budućnosti. 8th International scientific/professional conference „Agriculture in nature and environment protection; 133-137, Vukovar, Hrvatska.
6. Butorac, J. (2009.): *Predivo bilje*. Kugler, d. o. o., Zagreb.
7. Cgeng, X., Wang, R., Liu, X., Zhou, L., Dong, M., Rehman, M., Fahad, S., Liu, L., Deng, G. (2022.): Effects of Light Spectra on Morphology, Gaseous Exchange and Antioxidant Capacity of Industrial Hemp, *Frontiers in Plant Science*.
8. Crole-Rees, A., Heitkämper, K., Bertschinger, L., Haller, T., Dumondel, M. and Verzone, C. (2012.): Urban agriculture: an opportunity for farmers? A Swiss case study. In II International Symposium on Horticulture in Europe.
9. Domac, R. (2002.): *Flora Hrvatske*. Školska knjiga, Zagreb.
10. Draguzet, A. (2015.): Mikoriza od pustinja stvara plodne oaze.
11. Du Jardin P. (2015.): Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*.
12. Gadžo, D., Đikić, M., Mijić, A. (2011.): *Industrijsko bilje*. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu.
13. Gagro, M. (1998.): *Industrijsko i krmno bilje*. Hrvatsko agronomsko društvo, Zagreb.
14. Hulina, N. (2011.): *Više biljke stablašice*. Golden marketing-Tehnička knjiga, Zagreb.



15. Karoglan, M. i suradnici (2013.): Utjecaj mikorize na prinos i mehanički sastav grozda cv. Traminac (*Vitis vinifera* L.). Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet Zagreb.
16. Kurtović, O., Lokvančić L. (2011.): Proizvodnja povrća i jagode u zaštićenim prostorima. Federalni zavod za poljoprivredu, Sarajevo.
17. Parađiković, N., Kraljićak, Ž. (2008.): Zaštićeni prostori – plastenici i staklenici. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.
18. Pasković, F. (1966.): Predivo bilje I dio, konoplja, lan i pamuk. Nakladni zavod Znanje, Zagreb.
19. Pospišil, M. (2013.): Ratarstvo II. dio - industrijsko bilje. Zrinski d. d. Čakovec.

#### Internetske stranice:

1. Bugarčić, S. (2015.): *Tlo i mikorizne gljive*.  
Dostupno na: <http://www.zdravasrbija.com/lat/Zemlja/Povrtarstvo/2041-Tlo-i-mikorizne-gljive.php> (posjećeno 18.8.2022.)
2. Čolić, S. (2013.): *Nevjerojatno otkriće – biljni svijet komunicira preko vlastite podzemne mreže*.  
Dostupno na: <http://alternativa-za-vas.com/index.php/clanak/article/mikoriza> (posjećeno 18.8.2022.)
3. Radić, T. (2013.): *Budućnost je u mikorizi, skrivenom životu masline*. Institut za jadranske kulture u Splitu.  
Dostupno na: <http://maslina.slobodnadalmacija.hr/novosti/ID/6715/Buducnost-je-u-mikorizi-skrivenom-zivotu-masline> (posjećeno 18.8.2022.)

## 8. SAŽETAK

Puno je dokaza koji ukazuju na to da je mikoriza najbolja i najučinkovitija metoda za uzgoj biljaka, njihov rast i razvoj te dobivanje većih prinosa i zdravije hrane. Mnogi proizvođači ju smatraju pravim rješenjem za uzgoj različitih kultura i zaštitu ekosustava. Primjenjiva je u brojnim proizvodnim područjima te pospješuje uzgoj kultura na tlima teških uvjeta uzgoja. Primjenom mikorize se znatno ušteduje na utrošku vode, gnojiva te pesticida. Preko 90 % biljnih vrsta stvara simbiotski odnos korijena s mikoriznim gljivicama prirodnim putem. U ovome istraživanju postavljen je pokus u posudama kako bi se utvrdio utjecaj mikoriznih gljivica i različitog osvjetljenja na porast mladih biljaka industrijske konoplje. Prema rezultatima ovog istraživanja masa korijena mladih biljaka konoplje je u prosjeku iznosila 0,08 g, masa stabljike 0,39 g, masa same biljke 0,48 g te masa listova jedne biljke 0,18 g. Sa strane morfoloških karakteristika mladih biljaka konoplje, dužina korijena je prosječno iznosila 5,3 cm, dužina stabiljke 15,5 cm te dužina cijele biljke 21,0 cm. I na kraju je u prosjeku bilo 5 listova po jednoj biljci konoplje. Većinom su prevladavali tretmani pod bijelim svjetlom što se tiče veće mase i dužine biljke, jedino je plavo svjetlo imalo značajniji utjecaj na broj listova po biljci (6 listova) u odnosu na bijelo svjetlo (4 lista) te kod nekih drugih parametara (masa korijena kod plavog svjetla je u prosjeku veća za 0,01 g, masa stabljike je za 0,05 g veća kod plavog svjetla, te masa listova je za 0,02 g veća kod plavog svjetla), no razlike su skoro nezamjetne pošto se radi o jako malom odstupanju.

**Ključne riječi:** mikoriza, mikorizne gljivice, simbioza, industrijska konoplja

## 9. SUMMARY

There is a lot of evidence that indicates that mycorrhiza is the best and most effective method for growing plants, their growth and development, and obtaining higher yields and healthier food. Many producers consider it the right solution for growing different crops and protecting the ecosystem. It is applicable in numerous production areas and promotes the cultivation of crops on soils with difficult growing conditions. By applying mycorrhiza, considerable savings are made on the consumption of water, fertilizers and pesticides. Over 90 % of plant species create a symbiotic root relationship with mycorrhizal fungi naturally. In this thesis, an experiment was set up in containers to determine the influence of mycorrhizal fungi and different lighting on the growth of young industrial hemp plants. According to the results of the thesis, the mass of the roots of young hemp plants was on average 0.08 g, the mass of the stem 0.39 g, the mass of the plant itself 0.48 g, and the mass of the leaves of one plant 0.18 g. From the morphological characteristics of young hemp plants, the length of the root was on average 5.3 cm, the length of the stem 15.5 cm and the length of the whole plant 21.0 cm. Lastly, there were an average of 5 leaves per hemp plant. Treatments under white light prevailed for the most part in terms of greater plant mass and length, only blue light had a significant effect on the number of leaves per plant (6 leaves) compared to white light (4 leaves) and on some other parameters (root mass at blue light is on average 0.01 g higher, stem mass is 0.05 g higher in blue light, and leaf mass is 0.02 g higher in blue light), but the differences are almost imperceptible since it is a very small deviation.

**Keywords:** mycorrhiza, mycorrhizal fungi, symbiosis, industrial hemp

## 10. PRILOZI

### Popis slika:

Slika 1. Industrijska konoplja (*Cannabis sativa* L.). Izvor: Autorska slika.

Slika 2. Supstrat korišten za sjetvu (a) i polaganje sjemena u njega (b). Izvor: Autorska slika.

Slika 3. Nicanje biljaka tretiranih biopripravkom VAM na nosaču biolit u posudama. Izvor: Autorska slika.

Slika 4. Nicanje biljaka u supstratu tretiranih biopripravkom VAM na nosaču biolit i VAM + *Azotobacter chroococcum* tekućem mediju u posudama. Izvor: Autorska slika.

Slika 5. Nicanje čistih biljaka u čistome supstratu u posudama. Izvor: Autorska slika.

Slika 6. Tretmani biljaka konoplje postavljeni pod bijelo svjetlo. Izvor: Autorska slika.

Slika 7. Tretmani biljaka konoplje postavljeni pod plavo svjetlo. Izvor: Autorska slika.

Slika 8. Vađenje (a) i pranje biljaka prije mjerenja (b). Izvor: Autorska slika.

Slika 9. Mjerenje dužine biljke. Izvor: Autorska slika.

Slika 10. Mjerenje dužine (a) i mase korijena (b). Izvor: Autorska slika.

Slika 11. Mjerenje mase biljke. Izvor: Autorska slika.

Slika 12. Mjerenje mase listova jedne biljke (a) i skidanje svih listova sa stabljike konoplje (b). Izvor: Autorska slika.

### Popis Tablica:

Tablica 1. Morfološke karakteristike mladih biljaka industrijske konoplje

Tablica 2. Masa svježe tvari mladih biljaka industrijske konoplje

Tablica 3. Broj listova po biljci industrijske konoplje.

### Popis Grafikona:

Grafikon 1. Dijagram rasipanja dužine korijena i dužine stabljike na bijelom svjetlu (N = 240).

Grafikon 2. Dijagram rasipanja dužine korijena i dužine stabljike na plavom svjetlu (N = 240).

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

**Diplomski rad**

Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja

**MORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE MLADIH BILJAKA INDUSTRIJSKE KONOPLJE UZ PRIMJENU MIKORIZA I RAZLIČITOG OSVJETLJENJA**

Terezija Šmider

**Sažetak:**

Puno je dokaza koji ukazuju na to da je mikoriza najbolja i najučinkovitija metoda za uzgoj biljaka, njihov rast i razvoj te dobivanje većih prinosa i zdravije hrane. Mnogi proizvođači ju smatraju pravim rješenjem za uzgoj različitih kultura i zaštitu ekosustava. Primjenjiva je u brojnim proizvodnim područjima te pospješuje uzgoj kultura na tlima teških uvjeta uzgoja. Primjenom mikorize se znatno ušteduje na utrošku vode, gnojiva te pesticida. Preko 90 % biljnih vrsta stvara simbiotski odnos korijena s mikoriznim gljivicama prirodnim putem. U ovome istraživanju postavljen je pokus u posudama kako bi se utvrdio utjecaj mikoriznih gljivica i različitog osvjetljenja na porast mladih biljaka industrijske konoplje. Prema rezultatima ovog istraživanja masa korijena mladih biljaka konoplje je u prosjeku iznosila 0,08 g, masa stabljike 0,39 g, masa same biljke 0,48 g te masa listova jedne biljke 0,18 g. Sa strane morfoloških karakteristika mladih biljaka konoplje, dužina korijena je prosječno iznosila 5,3 cm, dužina stabljike 15,5 cm te dužina cijele biljke 21,0 cm. I na kraju je u prosjeku bilo 5 listova po jednoj biljci konoplje. Većinom su prevladavali tretmani pod bijelim svjetlom što se tiče veće mase i dužine biljke, jedino je plavo svjetlo imalo značajniji utjecaj na broj listova po biljci (6 listova) u odnosu na bijelo svjetlo (4 lista) te kod nekih drugih parametara (masa korijena kod plavog svjetla je u prosjeku veća za 0,01 g, masa stabljike je za 0,05 g veća kod plavog svjetla, te masa listova je za 0,02 g veća kod plavog svjetla), no razlike su skoro nezamjetne pošto se radi o jako malom odstupanju.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

**Mentor:** doc. dr. sc. Ivana Varga

**Broj stranica:** 32

**Broj grafikona i slika:** 14

**Broj tablica:** 3

**Broj literaturnih navoda:** 27

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** mikoriza, mikorizne gljivice, simbioza, industrijska konoplja

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. doc. dr. sc. Monika Tkalec Kojić, predsjednica
2. doc. dr. sc. Ivana Varga, mentorica
3. doc. dr. sc. Jurica Jović, član

**Rad je pohranjena u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Graduate thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

University Graduate Studies, Plant production, course Plant production

### MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF YOUNG PLANTS OF INDUSTRIAL HEMP WITH THE APPLICATION OF MYCORRHIZAE AND DIFFERENT LIGHTING

Terezija Šmider

#### Abstract:

There is a lot of evidence that indicates that mycorrhiza is the best and most effective method for growing plants, their growth and development, and obtaining higher yields and healthier food. Many producers consider it the right solution for growing different crops and protecting the ecosystem. It is applicable in numerous production areas and promotes the cultivation of crops on soils with difficult growing conditions. By applying mycorrhiza, considerable savings are made on the consumption of water, fertilizers and pesticides. Over 90 % of plant species create a symbiotic root relationship with mycorrhizal fungi naturally. In this thesis, an experiment was set up in containers to determine the influence of mycorrhizal fungi and different lighting on the growth of young industrial hemp plants. According to the results of the thesis, the mass of the roots of young hemp plants was on average 0.08 g, the mass of the stem 0.39 g, the mass of the plant itself 0.48 g, and the mass of the leaves of one plant 0.18 g. From the morphological characteristics of young hemp plants, the length of the root was on average 5.3 cm, the length of the stem 15.5 cm and the length of the whole plant 21.0 cm. Lastly, there were an average of 5 leaves per hemp plant. Treatments under white light prevailed for the most part in terms of greater plant mass and length, only blue light had a significant effect on the number of leaves per plant (6 leaves) compared to white light (4 leaves) and on some other parameters (root mass at blue light is on average 0.01 g higher, stem mass is 0.05 g higher in blue light, and leaf mass is 0.02 g higher in blue light), but the differences are almost imperceptible since it is a very small deviation.

**Thesis performed at** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

**Mentor:** Assoc. Prof. Ivana Varga

**Number of pages:** 32

**Number of figures:** 14

**Number of tables:** 3

**Number of references:** 27

**Original in:** croatian

**Keywords:** mycorrhiza, mycorrhizal fungi, symbiosis, industrial hemp

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

1. Assoc. Prof. Monika Tkalec Kojić, chairman
2. Assoc. Prof. Ivana Varga, mentor
3. Assoc. Prof. Jurica Jović, member

**Thesis deposited at:**

Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.