

# Inokulacija žira hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) ektomikoriznim gljivama: utjecaj na zdravstveno stanje i inicijalne morfološko-fiziološke značajke sadnica

---

Vukelić, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:209768>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-01**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI FAKULTET**

**ODSJEK**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ**

**ŠUMARSTVO**

**MARKO VUKELIĆ**

**Inokulacija žira hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) s ektomikoriznim  
gljivama: utjecaj na zdravstveno stanje i inicijalne morfološko-fiziološke  
značajke sadnica**

**ZAVRŠNI RAD**

**ZAGREB, RUJAN 2016.**

## PODACI O ZAVRŠNOM RADU

<b>Zavod:</b>	Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma
<b>Predmet:</b>	Osnivanje šuma
<b>Mentor:</b>	Doc. dr. sc. Damir Drvodelić
<b>Asistent-Znanstveni novak:</b>	-
<b>Student:</b>	Marko Vukelić
<b>JMBAG:</b>	0068212713
<b>Akad. godina:</b>	2015./2016.
<b>Mjesto, datum obrane:</b>	Zagreb, 09.09.2016.
<b>Sadržaj rada:</b>	Slika: 8 Tablica: 14 Navoda literature: 40
<b>Sažetak:</b>	<p>Ovim radom ispitivala se rasadnička klijavost žira inokuliranog s živim ektomikoriznim micelijima. Žir je posijan u jesen i proljeće. Nakon završenog prvog visinskog prirasta tijekom vegetacije mjerene su prve inicijalne morfološke značajke sadnica (visina, promjer vrata korijena, broj listova), te fiziološke značajke (sadržaj klorofila, mjerenje fluorescencije klorofila „a“ i razina vodnoga potencijala).</p> <p>Na temelju dobivenih rezultata statističkim metodama dobili smo podatke koji dokazuju postoji li razlika između ne mikoriziranog sjemena i sjemena koji je bio ektomikoriziran.</p>

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. Morfologija, biologija i stanište vrste <i>Quercus robur</i> L. ....	1
1.2. Značaj ektomikorize .....	2
<b>2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>5</b>
<b>3. MATERIJAL I METODE RADA .....</b>	<b>6</b>
3.1. Laboratorijska istraživanja .....	6
3.2. Rasadnik Šumski vrt i arboretum Šumarskog fakulteta .....	7
<b>3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>10</b>
<b>4. RASPRAVA .....</b>	<b>19</b>
<b>5. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>21</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>22</b>

# 1. UVOD

## 1.1. Morfologija, biologija i stanište *Quercus robur* L.

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) je bjelogorično stablo koje pripada porodici *Fagaceae*. Prirodni areal obuhvaća gotovo čitavu Europu do 63° sjeverne širine u Norveškoj, te istočno do Kavkaza i Male Azije. U najvećoj mjeri rasprostranjen je područjem donjega Podunavlja i poplavnoga područja rijeke Save u Slavoniji (Herman, 1971).

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) je visoko stablo visine i do 50 m, široke krošnje i promjera do 2,5 m. Kora je u mladosti glatka, kasnije izbrazdana i uzdužno ispucana. Korijski sustav je jako razvijen žilom srčanicom koja prodire u dubinu i do nekoliko metara. Pupovi su prekriveni golim i spiralno raspoređenim ljuskama. Cvjetovi su jednospolni. Muški cvjetovi se nalaze u resama, a ženski pojedinačno ili u skupinama. Plod hrasta je žir, u dendrološkome terminu navodi ga se kao orah jer je jednosjemeni suhi plod. Lužnjak cvijeta u IV. i V. mjesecu, a plod sazrijeva tijekom IX. i X. mjeseca (Franjić i Škvorc, 2010).

Prema Hermanu (1971) čiste lužnjakove sastojine nepovoljno djeluju na tlo zbog rijetkih krošanja i nepotpunog sklopa zato tlo obrađuje korovom i podrastom, što ujedno rezultira zastojem u prirašćivanju i konačnim propadanjem kompletnih sastojina. Stoga u hrastovim sastojinama mora postojati skiofilnih vrsta npr. graba ili bukve kako bi one svojim listincom obogaćivale tlo mineralnim tvarima, čistile našu primarnu vrstu i upotpunjavale našu sastojinu.



Slika 1. List i plod hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

Šume hrasta lužnjaka u prošlosti bile su jako važne za hrvatsko selo i za svinjogojski uzgoj. Po tome su poznata tzv. tradicionalna žirenja i žirovanja svinja u hrastovim šumama gdje im je žir bio glavni izvor hrane. Trupac hrasta lužnjaka veoma je cijenjen zbog njegove tvrde strukture drva koju karakterizira trajnost, težina i čvrstoća koja se može primjeniti u bilo kojoj grani proizvodnje i gospodarstva. U Hrvatskoj je najvažnija gospodarska vrsta, te glavni prodajni proizvod Hrvatskih šuma d.o.o.

## 1.2. Značaj ektomikorize

Frank (1885) je prvi utvrdio pojam "mikorize" kako bi opisao promatranu simbiozu između gljiva i viših biljaka za koju se već tada činilo kako ne djeluje štetno na biljke. Mikorizne gljive povećavaju sposobnost biljaka za usvajanjem vode i mineralnih tvari iz tla, smanjuju toksično djelovanje teških metala i ostalih polutanata te povećavaju otpornost biljaka na patogene organizme (Burgess i dr., 1993, Dixon i dr., 1983, Egerton-Warburton i Griffen, 1995, Ross i Marx, 1972). Herrmann i dr. (2004) i Rao i dr. (1996) pišu o simbiotskoj zajednici ektomikoriznih gljiva i njihovom utjecaju na rast, biomasu i produktivnost kod biljaka domaćina. Važan hranjivi učinak mikoriznih gljiva očituje se u poboljšanju usvajanja slabo mobilnih hranjiva u tlu kao što su P, Cu i Zn (Bucher, 2007, Taylor i Peterson, 2005). Uz pretpostavku radijalne distribucije hifa mikoriznih gljiva oko korijena, volumen tla prožet mikorizom stotinu je puta veći od volumena korijena ne mikoriziranih sadnica (Leake i dr., 2004, Wallander i dr., 2005). Vrlo mali promjeri hifa gljiva omogućuju ulazak u mikropore tla koje su nedostupne za korijen. Mikorizne gljive za rast trebaju dodatnu energiju u obliku ugljikohidrata koju uzimaju od biljke domaćina (Cheng i dr., 2005, Grunze i dr., 2004). Prema Sylvia (1998), više od 95% biljnih vrsta može stvoriti mikorizu.

Za šumsko drveće najznačajnije su mikorizne gljive koje u tlu tvore simbiotske zajednice na korijenu s višim biljkama, čime si osiguravaju potrebna hranjiva za svoj razvoj te omogućavaju biljkama bolji pristup hranjivima u tlu (Smith i Read, 1997). Glavni čimbenici koji utječu na zastupljenost gljiva u nekom tlu su organska tvar, pH vrijednost, organska i mineralna hranjiva, režim vlage, aeracija, temperatura, mjesto u profilu, godišnje doba i sastav vegetacije (Alexander, 1977).

Postoji pet glavnih tipova mikorize: ektomikoriza, arbuskularna mikoriza, endomikoriza, mikoriza orhideja i erikoidna mikoriza. Prema Dubravec i Regula (1995) razlikujemo ektotrofnu i endotrofnu mikorizu. Kod ektotrofne mikorize gljive mogu korijen izvana gusto obaviti, a da pritom rastu u unutrašnjosti korijena samo intercelularno. Ektotrofna mikoriza značajna je za hrast, pitomi kesten, smreku, ariš itd. U borealnim šumama kao i onima umjerenog pojasa, dominiraju ektomikorize s više od 4000 vrsta gljiva (Sylvia, 1998).

Simbioze se javljaju u prirodnim biljnim zajednicama na korijenu biljaka iz porodica *Fagaceae*, *Pinaceae*, *Betulaceae* i *Myrtaceae*. Ovakva simbioza ključna je za preživljavanje biljke domaćina. Postoji određena specifičnost mikoriznih vrsta za pojedine vrste drveća i određene uvjete na terenu (Zhou i dr., 1997). U prirodnim šumama umjerenog pojasa, vrste drveća iz porodice *Fagaceae*, gdje se nalazi i rod *Quercus* spp., ovisni su o ektomikoriznim gljivama (Smith i Read, 1997). Prema Southworth i dr. (2009), u rasadnicima s proizvodnjom sadnica vrsta roda *Quercus*, dominiraju vrste ektomikoriznih gljiva iz rodova *Laccaria* i *Tuber* dok se samo pojedinačno javljaju gljive iz rodova *Entoloma* i *Peziza*. Rezultati brojnih istraživanja ukazuju na pozitivan utjecaj ektomikorizne simbioze na preživljavanje, rast i razvoj šumskih sadnica (Burgess i dr., 1994, Hatchell i Marx, 1987). Prema Khasa i dr. (2001), upotreba ektomikoriznih gljiva u šumskim rasadnicima može smanjiti unos tvorničkih gnojiva i pesticida čime se sprječava onečišćenje tla i izvora voda. U novije vrijeme, proizvođači školovanog sadnog materijala za potrebe krajobraznog uređenja počeli su koristiti ektomikoriznu simbiozu kako bi povećali postotak preživljavanja i rast sadnica u rasadniku te nakon presadnje na terenu.

Koristi od inokulacije sadnica mikoriznim gljivama bit će najveće u stanju stresa (Sylvia i Williams, 1992). Prema Appleton i dr. (2003), stres kod biljaka događa se tijekom presadnje (gubitak dijela korijena), za vrijeme ekstremnih klimatskih uvjeta (suša, visoke temperature), u slučaju mehaničkih oštećenja, te kod stabala u zreloj dobi kada počinje razdoblje slabljenja vitaliteta. Devine i dr. (2009) pišu kako inokulacija zemlje koja sadrži ektomikorizne gljive znatno poboljšava rast nadzemnog i podzemnog dijela prihranjivanih sadnica. Rezultati istraživanja od Amaranthus i Perry (1987) govore kako je formirana mikoriza na sadnicama kritična za njihov rast i preživljavanje na hladnim i suhim staništima.

Tikvić i dr. (2007) pišu kako je razvoj sadnica u ekstremnim ekološkim prilikama (prekomjerna vlažnost supstrata) pod većim utjecajem ekoloških čimbenika, a pod manjim utjecajem ektomikorize, koja može također biti inhibirana. Također, prirodni ekološki čimbenici poput temperature tla, količine hranjiva u tlu, vlažnosti i pH vrijednosti utječu na pojavu, razvoj i funkcioniranje ektomikorize. Ostali čimbenici okoliša poput tvorničkih plinova i onečišćenja teškim metalima, koji su rezultat ljudske aktivnosti, mogu nepovoljno utjecati na formiranje i razvoj ektomikorize kod šumskog drveća (Hormilla i dr., 1996, Zhou i dr., 1997). O utjecaju nepovoljnih ekoloških čimbenika na smanjenje ektomikorizne simbioze pišu Hormilla i dr. (1996) te Causin i dr. (1996).

Kako bi se osigurala uspješna prirodna ili umjetna obnova sastojina potrebno je osigurati optimalne ekološke uvjete u staništu, prije svega hidrološke (Alexander, 1977, Marx, 1979c). Jha i dr. (2008) pišu kako umjereni i visoki intenziteti svjetla potiču kolonizaciju ektomikoriznih gljiva i rast sadnica bora. Prema Castellano (1996) veću pozornost trebalo bi usmjeriti na biologiju i ekologiju mikoriznih gljiva kada se one upotrebljavaju izvan prirodnog areala. Također je potrebno utvrditi koliko biljni simbiot, okolina, tlo i gospodarske mjere utječu na rast i normalno funkcioniranje mikoriznih gljiva (Gagnon i dr., 1991, Garbaye i dr., 1992).



## **2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA**

- a) Određivanje elemenata kvalitete sjemena.
- b) Određivanje morfoloških značajki sjemena.
- c) Praćenje zdravstvenog stanja inokuliranih i kontrolnih sadnica.
- d) Mjerenje inicijalnih morfoloških značajki sadnica.
- e) Mjerenje inicijalnih fizioloških značajki sadnica.

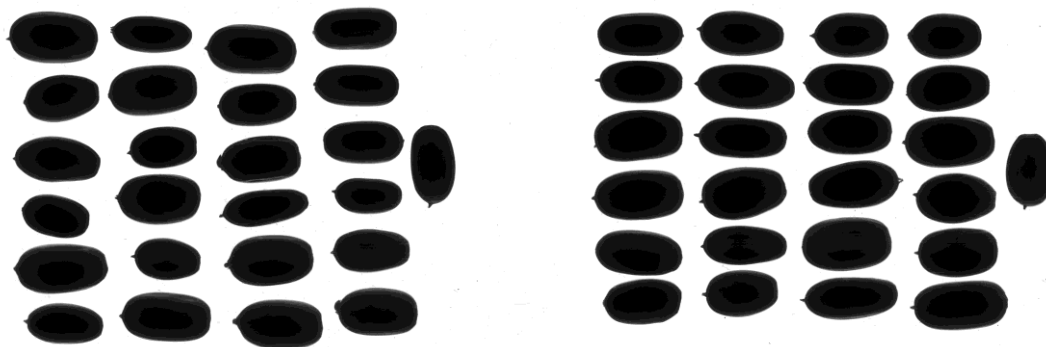
### 3.MATERIJAL I METODE RADA

#### 3.1. Laboratorijska istraživanja

Početak istraživanja kreće sakupljanjem sjemena (žira). Žir je sakupljen južno od sela Brestača u gospodarskoj jedinici Trstika 31. odjel (odsjek a) i 34. odjel (odsjek a), Uprava Šuma „Nova Gradiška“, šumarija „Novska“. To su sastojine hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) starih između 120-140 godina, koji su ujedno u velikoj mjeri zastupljeni i u obližnjoj gospodarskoj jedinici „Josip Kozarac“ u Lipovljanima. Taj prostor slovi kao jedan od bogatijih jer kvalitetno tlo i područje odgovaraju hrastovim sastojinama. Činjenicu da je položaj povoljan za hrastove sastojine dokazuje i ovaj rad u kojem je korišten žir upravo tih odjela koji je odlične gramaže, veličine i visokog postotka klijavosti.

Daljnji nastavak istraživanja nastavlja se u Laboratoriju za šumsko sjemenarstvo i rasadničarstvo na Zavodu za ekologiju i uzgajanje šuma na Šumarskom fakultetu i u rasadniku Šumarskom vrtu i arboretumu Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

U laboratoriju prvi korak bio je vaganje sakupljenoga žira na vagi Sartorius. Podaci sa vage su nam bili potrebni za izračunavanje apsolutne težine žira. Nakon vaganja izvršeno je skeniranje i analiza žira profesionalnim skenerom EpsonExpression 10000XL (Slika 1., 2.). Nakon skenera za daljnju obradu podataka koristili smo laboratorijsko stolno računalo i pakete software-a WinSEEDLE i Statistica 8.0 kojima smo dobili postojeće podatke. Nakon izvršenih tehničkih radnji na samome žiru koristili smo metodu uranjanja žira u vodu (flotacija). Time bismo eliminirali 30% lošeg sjemena. Poslije flotacije žir smo osušili, a za to smo koristili sušionik odnosno komoru za termotretiranje BINDER na 41°C. Time smo uklonili sav loš i crvljivi žir, te selektirali onaj najkvalitetniji koji će ići u sadnju. Zadnja faza bila je skladištenje. Žir smo skladištili u hladnjacima za čuvanje sjemena.



Slika 2., 3. Skenirani žir *EE 1000XL*.

### 3.2. Rasadnik Šumski vrt i arboretum Šumarskog fakulteta

Osnivanjem Poljoprivredno-šumarskoga fakulteta u Zagrebu godine 1919. godine i Katedre za uzgajanje šuma osniva se i Šumarski vrt kao znanstveno-nastavna jedinica Katedre za uzgajanje šuma. Stoga se Šumarski vrt smatra prvim nastavno-pokusnim objektom Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Površina rasadnika i lokacija se mijenjala, tako da danas iznosi 3 ha. Od samoga osnutka glavna je namjena rasadnika bila poučavanje studenata osnovnim rasadničkim poslovima te znanstvenoistraživački rad. Osobitost je rasadnika podignuti arboretum (kao živa ograda oko rasadnika) koji služi studentima za nastavu iz dendrologije. U arboretumu je pri osnivanju bilo preko 400 vrsta drveća i grmlja. Danas arboretum ima nešto manji broj vrsta jer se zbog starosti i neodgovarajućeg razmaka sadnje pojedine vrste suše. Rasadnik sada ima dva staklenika. Jedan od staklenika opremljen je grijanjem i zalijevanjem te automatskim nadzorom. U grijanom stakleniku uglavnom se razmnožavaju različiti kultivari ukrasnoga drveća i grmlja (preko 100 taksona).

Rasadnik posjeduje i 9 Dunnemanovih betoniranih lijeha u kojima se sije sjeme i školuju zakorijenjene reznice. Čitav rasadnik ima izgrađen sustav za zalijevanje i dobro je opremljen mehanizacijom. Ovaj je Šumarski vrt tijekom svojega dugogodišnjega postojanja bio prvi rasadnik koji je uz ostalo proizvodio i hortikulturene sadnice, te je u tom području prvi glede istraživanja i praktičnoga rada u hortikulturnoj proizvodnji sadnica.

## Inokulacija ektomikoriznim gljivama

U rasadničkoj proizvodnji možemo stručno podijeliti sjeme s obzirom na sposobnost očuvanja na *Ortodox* i *Recalcitrat*. Kod *Ortodox* sjemena vlaga se može sniziti sušenjem na 10%, a sjeme se može čuvati na temperaturama ispod nule. *Recalcitrant* sjeme je vrsta sjemena kojemu se vlaga ne smije spustiti ispod 15-45%, a sjeme se ne smije čuvati na temperaturama blizu smrzavanja. Nama najvažnija skupina sjemena je *Quercus* koja pripada u skupinu suhih plodova s odrvenjelim perikarpom (Drvodelić, 2015).

Žir u ovome pokusu sađen je u rasadniku na dvije plohe koje su nazvane „Mikoriza“ i „Kontrola“. U plohu „Mikoriza“ sijao se žir koji je prethodno bio tretiran ektomikoriznim gljivama u gelu proizvođača Mykoflor (Slika 4.). Ova inokulacija žira sadrži ektomikorizni micelij izoliran iz plodišta gljiva i korijenja hrasta iz područja Hrvatske uz nadopunu micelijem označenim kao: *Tuber Aestivum*, *Tuber Magnatum*, *Boletus edulis*, *Amanita rubescens*, *Xerocomus badius*, *Cantharellus cibarius*. Na plohi „Kontrola“ sijao se čisti žir hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) bez mikoriznih gljiva. Svrha podjele ploha bila je stvoriti priliku za usporedbu razvoja inokuliranih sadnica i sadnica koje nisu tretirane ektomikoriznim gljivama. Svaka ploha je bila podjeljena na doba sadnje. Na „Jesen“ i „Proljeće“ jer samo u ta dva razdoblja možemo obaviti sjetvu (Slika 4.).



Slika 4. Ektomikorizne gljive u gelu

## Sjetva hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

Početak sjetve krenuo je 21.10.2015. u plohi „Jesen“. Sijao se žir 2x100 komada koji je prethodno bio obrađen i tretiran u laboratoriju. Žir je posijan omaške (stara tehnika sjetve žira), učvršćen u zemljinu podlogu i zatrpan finim slojem zemlje. Na kraju smo nanijeli sloj lišća kao zaštitu od zime i promrzavanja. Ova posljednja radnja se ne radi u proljeće jer nema opasnosti od promrzavanja. Drugih 2x100 komada žireva za proljetnu sjetvu uskladištili smo u hladnjačama laboratorija. U konačnici proljetna sjetva je obavljena 17.03.2016. na isti način.



Slika 5. Primjer plohe podijeljene na (lijevo) proljeće i (desno) jesen

## Rasadnička klijavost i praćenje zdravstvenog stanja

Nakon izvršene sadnje pratio se rast i razvoj izniklih sadnica. Prvi iznikli hrastovi pojavili su se 12.04.2016. na plohi jesenske sjetve jer su sađene prije. Od toga dana na dalje kontinuirano se pratila i brojala svaka nova iznikla sadnica. Prve iznikle sadnice na plohi proljetne sjetve pojavile su se 18.05.2016. godine. Od početka same sadnje plohe su se redovno zalijevale vodom, te je sama vlažnost ploha uvijek bila na optimalnoj razini. Uz sami rast biljaka kontinuirano se pratio razvoj bolesti i napadi kukaca. Potrebno je naglasiti da na obje plohe niti u jednome trenutku nije primijećen napad kukaca. Pojava biljnih bolesti nastupila je u ranome stadiju gdje je na obje plohe 29.06.2016. uočena hrastova pepelnica (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl.).

## Mjerenje morfoloških i fizioloških značajki sadnica

Krajem lipnja sukladno procjeni izvršeno je mjerenje visine sadnica drvenim metrom (cm), promjer vrata korijena mjereno je digitalnom promjerkom sa točnošću na stotinku milimetra i mehaničko prebrojavanje broja listova (kom). Svaki element knjižen je tablično u obrazce. Nakon pohranjenih rezultata, sljedeći dan uslijedilo je ispitivanje fizioloških značajki sadnica. U prvome mjerenju mjerili smo indeks sadržaja ukupnih klorofila koristeći prijenosni klorofilmetar CCM-200 (Opti-Sciences, Tyngsboro, MA). Indeks sadržaja ukupnih klorofila utvrđen je na temelju pet izmjera po jednom listu na slučajno odabranom mjestu izbjegavajući glavnu lisnu žilu. Drugo mjerenje bilo je obavljeno uz pomoć prijenosnog uređaja FluorPen FP 100 (Photon Systems Instruments). To je uređaj za mjerenje floriscencije klorofila „a“ i utvrđivanje maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II ( $F_v/F_m$ ). Treće mjerenje fizioloških značajki bilo je mjerenje vodnog potencijala ( $\Psi$ ) sadnica koje je obavljeno uz pomoć prijenosne tlačne komore za izmjernu vodnoga potencijala (Model 600 Pressure Chamber Instruments, Corvallis, Ore).

#### 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U samome početku laboratorijskih istraživanja, odmah nakon skeniranja mjerili smo apsolutnu težinu sjemena u gramima gdje smo uzeli u prosjeku slučajnim odabirom 4x50 prethodno prosušenih žireva iz posuda. (Tablica 1., 2.)

Tablica 1. Mjerenje apsolutne težine sjemena (g)

$\Sigma$ Apsolutna težina sjemena (g)
<b>428</b>
<b>405</b>
<b>405</b>
<b>443</b>
420
<b>8416</b>

U tablici 2. prikazani su rezultati deskriptivne statistike mase žira u gramima (*Quercus robur* L.)

Tablica 2. Deskriptivna statistika mase žira (g) hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

Varijabla	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.
Masa žira (g)	50	8,15	7,79	4,77	12,11	4,16	2,04

Tablica 2. U deskriptivnoj statistici mase žira (g) hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) prosječna vrijednost iznosila je 8,15g između maksimalne mase od 12,11g i minimalne 4,77g. Varijanca je iznosila 4,16.

Rezultati istraživanja o morfologiji žira obrađeni su u laboratorijskim uvjetima nakon izmjerene apsolutne mase žira.

Tablica 3. Deskriptivna statistika važnijih morfoloških značajki žira hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

Varijable	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.
Projicirana površina (mm <sup>2</sup> )	50	508,25	497,07	342,25	654,50	6402,54	80,02
Ravna duljina (mm)		34,70	34,79	28,80	39,89	8,79	2,97
Zakrivljena duljina (mm)		34,79	34,91	28,82	39,96	8,72	2,95
Ravna širina (mm)		18,26	17,97	14,64	21,29	2,97	1,72
Zakrivljena širina (mm)		18,24	17,98	14,66	21,30	2,97	1,72
Zakrivljenost (mm)		0,02	0,01	0,00	0,05	0,00	0,01
Volumen kruga (mm <sup>2</sup> )		6425,52	6103,77	3444,46	9589,50	2513397,95	1585,37
Površina kruga (mm <sup>2</sup> )		1595,49	1561,57	1074,07	2054,73	63029,18	251,06
Površina elipse (mm <sup>2</sup> )		1128,19	1104,20	759,48	1452,91	31514,59	177,52
Površina trokuta (mm <sup>2</sup> )		1015,72	994,13	683,77	1308,08	25544,76	159,83
Omjer širina/duljina		0,53	0,54	0,39	0,64	0,00	0,05
Horizontalni položaj (mm)		73,66	75,70	13,82	136,17	1398,22	37,39
Vertikalni položaj (mm)		120,00	131,92	47,86	210,71	2514,77	50,15
Projicirani opseg (mm)		92,72	92,02	76,48	110,89	63,73	7,98
Koeficijent proj. Opsega		0,74	0,75	0,62	0,84	0,00	0,05

Nakon inokulacije nužna je kontrola klijavosti. Kontrola klijavosti vođena je tablično i pretvorena u postotke. (Tablica 4.)

Tablica 4. Rasadnička klijavost (%) inokuliranog i kontrolnog sjemena

JESENSKA SJETVA HRASTA			PROLJETNA SJETVA HRASTA		
DATUM	MIKORIZA	KONTROLA	DATUM	MIKORIZA	KONTROLA
05.04.2016.	0	0	05.04.2016.	0	0
12.04.2016.	35	35	12.04.2016.	0	0
20.04.2016.	57	67	20.04.2016.	0	0
26.04.2016.	63	70	26.04.2016.	0	0
03.05.2016.	68	71	03.05.2016.	0	0
10.05.2016.	69	73	10.05.2016.	0	0
18.05.2016.	70	74	18.05.2016.	1	0
14.06.2016.	70	75	14.06.2016.	7	3
29.06.2016.	70	75	29.06.2016.	9	4

Iz tablice 4. možemo vidjeti praćenje rasadničke klijavosti. U jesenskoj sjetvi ploha „Kontrola“ imala je 5% više iskljajalih sadnica od inokuliranih ektomikorizom, ali to nam još ne daje nikakvu pouzdanost. U proljetnoj sjetvi ploha „Mikoriza“ imala je 5% više iskljajalih sadnica u odnosu na „Kontrolu“.



Tablica 5. Deskriptivna statistika značajnijih inicijalnih morfoloških varijabli sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) inokuliranog ektomikoriznim gljivama.

Varijable	Tretiranje	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.
Visina (cm)	Ektomikoriza	70	22,0	23,1	6,6	36,5	42,7	6,5
Promjer vrata korijena (mm)			5,27	5,26	1,51	7,79	1,70	1,31
Broj listova (kom)			26	26	10	52	91	10
Visina (cm)	Kontrola	75	20,3	20,0	2,8	43,2	75,3	8,7
Promjer vrata korijena (mm)			4,97	4,94	1,05	7,71	1,34	1,16
Broj listova (kom)			26	25	3	52	160	13

Tablica 5. Statistikom značajnijih inicijalnih morfoloških varijabli sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) kod inokuliranog sjemena ektomikoriznim gljivama možemo vidjeti veću prosječnu visinu (cm) od 22 cm između maksimalne visine od 36,5 cm i minimalne 6,6 cm. Kod ne mikoriziranog sjemena prosječna visina je iznosila 20,3 cm. Maksimalna visina sadnice izmjerena kod ne mikoriziranog sjemena iznosila je 43,2 cm, a minimalna 2,8 cm. Promjer vrata korijena kod ektomikorize je u prosjeku 5,27 mm, a kod kontrole 4,97 mm. Prosječan broj listova kod obje plohe je isti 26 komada.

Tablica 6. T-test za inicijalnu visinu (cm) inokuliranih i kontrolnih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

Variable	T-tests; Grouping: Tretiranje (hrast lužnjak_ektomikoriza)								
	Group 1: Ektomikoriza Group 2: Kontrola								
	Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.
	Ektomikoriza	Kontrola				Ektomikoriza	Kontrola	Ektomikoriza	Kontrola
Visina (cm)	22,02000	20,34933	1,302339	143	0,194894	70	75	6,538306	8,676306

T-testom nisu utvrđene statistički značajne razlike ( $p=0,194894$ ) u inicijalnim visinama (cm) sadnica.

Tablica 7. T-test za inicijalni promjer vrata korijena (mm) sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) inokuliranog ektomikoriznim gljivama.

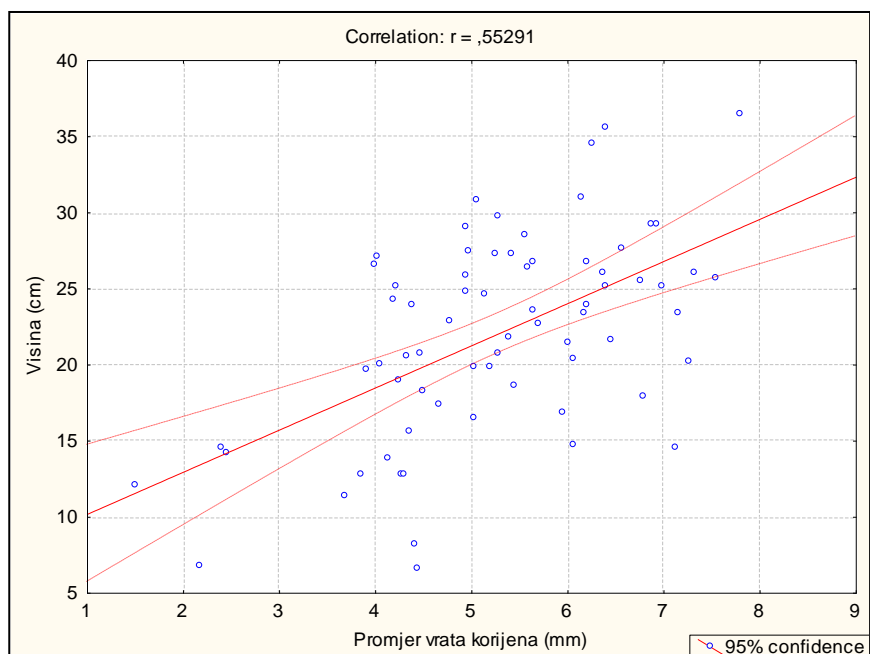
Variable	Mean		t-value	df	p	Valid N		Std.Dev.	
	Ektomikoriza	Kontrola				Ektomikoriza	Kontrola	Ektomikoriza	Kontrola
Promjer vrata korijena (mm)	5,272714	4,974133	1,460143	143	0,146444	70	75	1,305300	1,305300

T-testom nisu utvrđene statistički značajne razlike ( $p=0,146444$ ) u inicijalnim promjerima vrata korijena sadnica (mm).

Tablica 8. T-test za broj listova (kom) sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) inokuliranog ektomikoriznim gljivama.

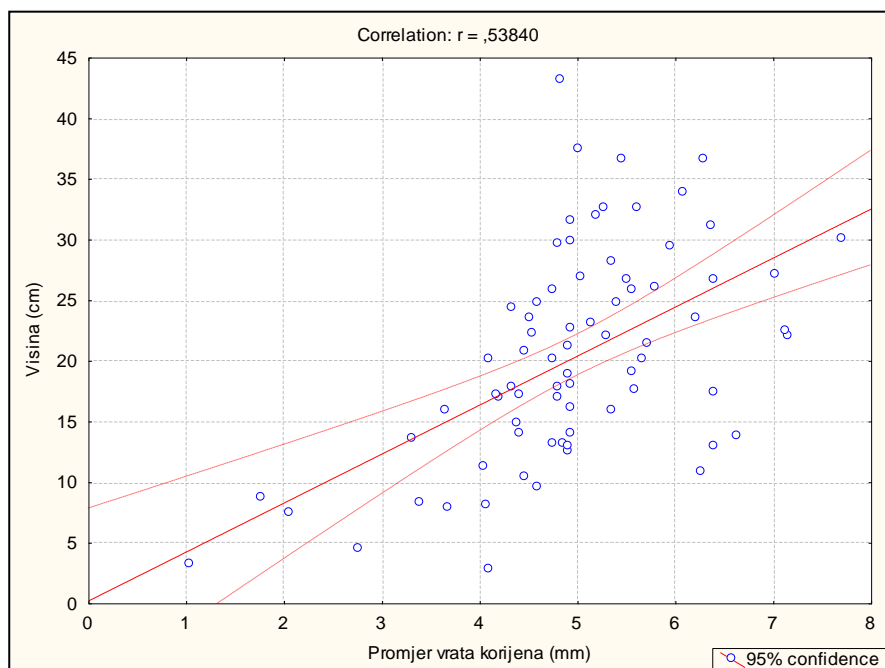
Variable	Mean		t-value	df	p	Valid N		Std.Dev.	
	Ektomikoriza	Kontrola				Ektomikoriza	Kontrola	Ektomikoriza	Kontrola
Broj listova (kom)	26,44286	25,50667	0,501156	143	0,617032	70	75	9,524394	12,63241

T-testom nisu utvrđene statistički značajne razlike ( $p=0,617032$ ) u broju listova sadnica (kom).



Slika 6. Korelacija između inicijalnih visina (cm) i promjera vrata korijena (mm) inokuliranih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

Utvrđena je pozitivna te umjereno do dobra povezanost ( $r=0,55291$ ) između visina (cm) i promjera vrata korijena (mm) inokuliranih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)



Slika 7. Korelacija između inicijalnih visina (cm) i promjera vrata korijena (mm) kontrolnih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

Utvrđena je pozitivna te umjerena do dobra povezanost ( $r=0,53840$ ) između visina (cm) i promjera vrata korijena (mm) kontrolnih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) (Slika 6.)

Tablica 9. Deskriptivna statistika vodnog potencijala (bar) kontrolnih i inokuliranih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na dan 01.07.2016. godine.

Varijabla	Tretiranje	N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.
Vodni potencijal	Kontrola	30	12,0	13,1	3,9	22,0	23,8	4,9
	Ektomikoriza	30	11,2	12,8	3,5	17,6	22,1	4,7

Tablica 9. Deskriptivnom statistikom vodnoga potencijala (bar) utvrdili smo da kod kontrole srednja vrijednost je iznosila 12 Ψ, maksimalna 22 Ψ a minimalna 3,9 Ψ. Kod ektomikorize prosječna srednja vrijednost iznosila je 11,2 Ψ između maksimalne vrijednosti od 17,6 Ψ i minimalne 3,5 Ψ.

Tablica 10. T-test za vodni potencijal (bar) kontrolnih i inokuliranih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na dan 01.07.2016. godine.

Varijabla	Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
Vodni potencijal	12,0466	11,2200	0,667933	58	0,506825	30	30	4,881685	4,703440	1,077230	0,842601

T-testom nisu utvrđene statistički značajne razlike ( $p=0,506825$ ) u vodnome potencijalu biljaka (bar).

Tablica 11. Deskriptivna statistika maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II ( $F_v/F_m$ ) kontrolnih i inokuliranih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na dan 01.07.2016. godine.

Varijabla	N	Tretiranje	Mean	Median	Min.	Max.	Variance	Std.Dev.
Fv/Fm	30	Kontrola	0,56	0,54	0,30	0,81	0,01	0,10
	30	Ektomikoriza	0,58	0,57	0,42	0,83	0,01	0,11

Tablica 11. Deskriptivnom statistikom maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II ( $F_v/F_m$ ) utvrdili smo da je prosječna srednja vrijednost kod ne mikoriziranih sadnica iznosila 0,56 između maksimalne vrijednosti od 0,81 i minimalne 0,30. Kod ektomikorize srednja vrijednost iznosila je 0,58. Maksimalna 0,83 i minimalna 0,42. Kod obje plohe varijanca je iznosila 0,01.

Tablica 12. T-test za maksimalni kvantni prinosa fotosustava II ( $F_v/F_m$ ) kontrolnih i inokuliranih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na dan 01.07.2016. godine.

Varijabla	Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
Fv/Fm	0,557333	0,583000	-0,896937	58	0,373460	30	30	0,104846	0,116505	1,234776	0,573811

T-testom nisu utvrđene statistički značajne razlike ( $p=0,373460$ ) za maksimalni kvantni prinosa fotosustava II ( $F_v/F_m$ ).

Tablica 13. Deskriptivna statistika indeksa sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u mezofilu lista kontrolnih i inokuliranih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na dan 01.07.2016. godine.

Varijabla	Valid N	Tretiranje	Mean	Median	Min.	Max.	Var.	Std.Dev
CCI	180	Kontrola	8,20	7,20	3,30	20,90	11,64	3,41
	180	Ektomikoriza	9,41	7,60	3,00	22,90	23,50	4,84

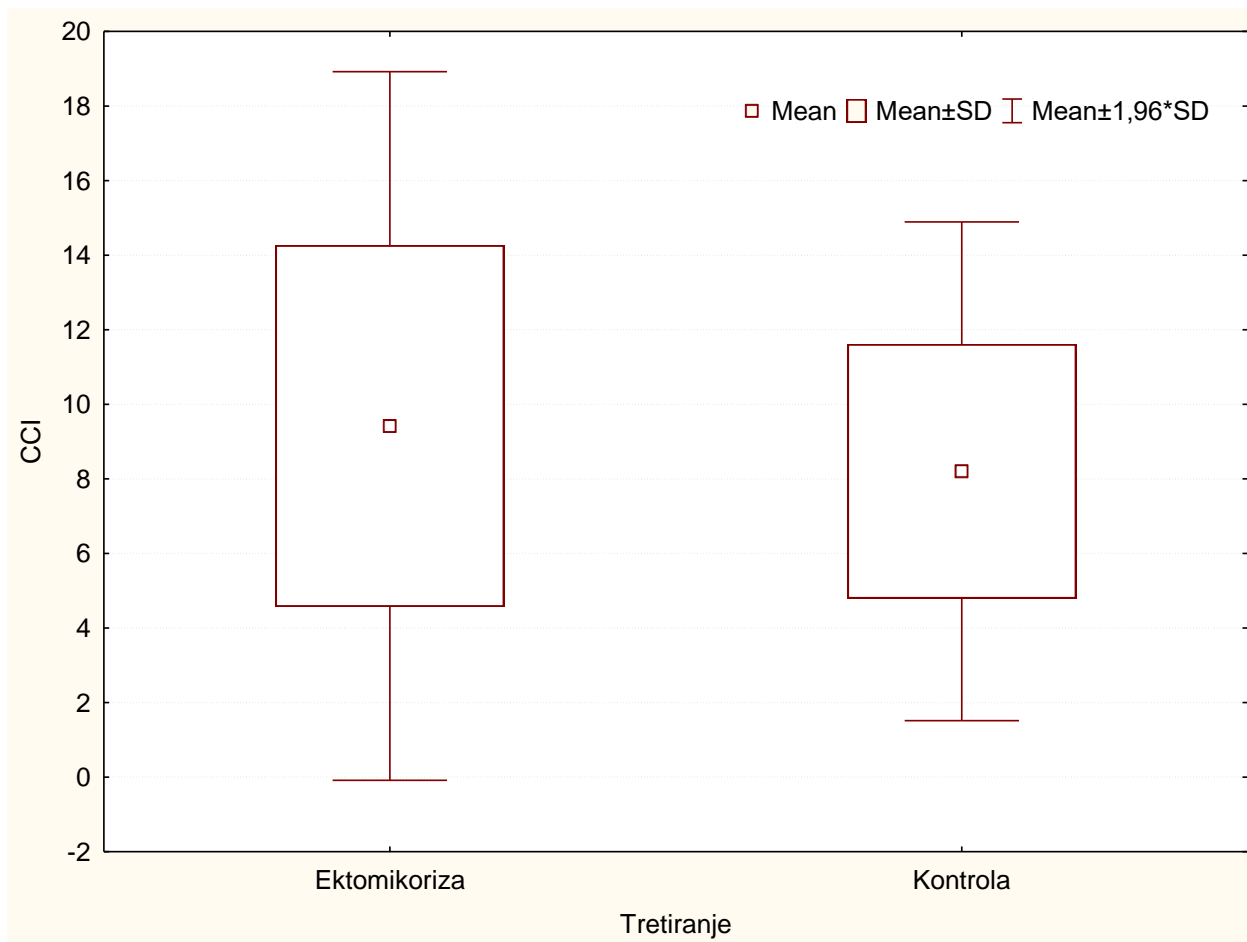
Tablica 13. U deskriptivnoj statistici indeksa sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u mezofilu lista prosječna vrijednost kod „Kontrole“ iznosila je 8,20 između maksimalne vrijednosti od 20,90 i minimalne 3,30. Varijanca je iznosila 11,64.

Kod ektomikorize srednja vrijednost iznosila je 9,41, maksimalna 22,90, minimalna 3,00. Varijanca je iznosila 23,50.

Tablica 14. T-test za indeks sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u mezofilu lista kontrolnih i inokuliranih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na dan 01.07.2016. godine.

Varijabla	Mean	Mean	t-value	df	p	Valid N	Valid N	Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
CCI	8,202778	9,419444	-2,75352	358	0,006197	180	180	3,412079	4,847762	2,018573	0,000003

T-testom za indeks sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u mezofilu lista kontrolnih i inokuliranih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) utvrđene su statistički značajne razlike ( $p=0,006197$ ).



Slika 8. Indeks sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u mezofilu lista kontrolnih i inokuliranih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na dan 01.07.2016. godine.

## 4. RASPRAVA

Općenito gospodarenjem šumama želi se postići veća količina i bolja kvaliteta drvne tvari i drugih posrednih i neposrednih koristi od šuma. Ono se temelji na biološkim i ekološkim zakonitostima razvoja prirodnih šuma (tzv. prirodna ravnoteža), kako bi se osigurala potrajnost šumskih ekosustava (Matić, 1993). Međutim, u šumskim se ekosustavima pojavljuje značajan broj nepovoljnih biotskih i abiotskih čimbenika i procesa, koji na specifičan način utječu na razvoj i održavanje tih ekosustava (Amaranthus, 1992, Tikvić i dr., 1995, Tikvić, 2013.). Razlikom između nama dvije gospodarski najvažnije vrste listača hrasta i jasena zaključeno je da učestale sušne godine značajno utječu na odumiranje tih vrsta koje su s obzirom na ekološke zahtjeve prema vodi higrofiti. Što se tiče poplava, razlika je jedino što na odumiranje hrasta lužnjaka utječe pojava poplava, dok na odumiranje poljskog jasena utječe izostanak poplava (Drvodelić i dr., 2016).

U rasadničkoj proizvodnji postupak sjetve možemo obaviti mehanizirano ili fizičkom sjetvom sjemena. Kako sam naveo ranije sjetva žira omaške stara je tehnika sjetve žira, te ona ima dobre i loše strane. Loša strana sjetve omaške je neujednačeno i nekontrolirano razbacivanje sjemena po sjetvenoj posteljici, pa pojedino sjeme može završiti izvan gredice. Druga loša strana je otežano vađenje biljaka. Dobra strana sjetve omaške je pravilniji razvoj nadzemnog i podzemnog dijela sadnica, veća proizvodnja biljaka po jedinici površine i manji razvoj korova (Drvodelić, 2015).

U našem slučaju, žir u proljetnoj sjetvi hrasta počeo je nicati sredinom svibnja, što je dosta kasno jer se nicanje očekivalo puno ranije. Time smo znali da klijanje neće biti pravo i da će proljetna sjetva podbaciti. Tim činom još jednom smo dokazali činjenicu kako je jesenska sjetva puno bolja i kvalitetnija, jer se svježe otpao žir doslovce sadi odmah. Za proljetnu sjetvu otpao žir mora se skladištiti, kontrolirati postotak vlage, držati na hladnome što ukazuje na veće troškove skladištenja do proljeća. Upravo zbog problema s čuvanjem (npr. krupno sjeme, visoki postotak vlage i dr.) u praksi je češća jesenska sjetva sjemena svih vrsta *Quercus* L. Sjeme bijelih hrastova odmah klija nakon jesenske sjetve, dok sjeme crnih hrastova posijano u jesen treba proći kroz proces hladne stratifikacije (Oršanić i Drvodelić, 2015).



Drugi veći problem stvorio nam je kasni proljetni mraz koji je učinio veliku štetu mladim hrastovima. Rasadnik Šumarski vrt i arboretum Šumarskog fakulteta u Maksimiru je po svome položaju mrazište, ali i vremenske prilike u kontinentalnoj Hrvatskoj tih dana bile su nepovoljne.

Nakon mraza nastale su velike štete na mladome listu i potrebno je naglasiti da je mraz djelovao inhibitorno. List je krenuo tamniti i sušiti se. Kasnije, većina se oporavila, ali upravo zbog mraza terminalni pup bio je uništen, listovi su krenuli izbijati sa strane i više se nije mogla konstatirati točna visina sadnica. Izbojna snaga mladih hrastova bila je jaka u želji da sadnice prežive mraz, te su krenule rasti sve više u širinu nego u visinu sa izbojima na kojima je bilo čak do 52 lista (Tablica 5.). Stalnom kontrolom se utvrdilo sušenje sadnica kao rezultat mraza. 6% sadnica posušilo se na plohi „Mikoriza“ i 3% na plohi „Kontrola“.

## 5. ZAKLJUČAK

Osvrt na zdravstveno stanje biljaka tijekom izmjere fizioloških značajki bila je nepovoljna. Pojava hrastove pepelnice (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl.) uočena je 29.06.2016. na obje plohe što je znatno utjecalo na dobivene rezultate, osobito na mjerenje FluorPenom FP 100 gdje je bio cilj mjerenje floriscencije klorofila. Procjena zaraženih sadnica pepelnicom je od 25-30% na obje plohe. Sadnice prije napada patogenom gljivom nisu bile tretirane protiv pepelnice.

U jesenskoj sjetvi ne mikorizirana ploha „Kontrola“ imala je 5% više iskljajalnih sadnica za razliku od inokuliranih ektomikorizom. To možemo pripisati jedino boljoj individualnoj klijavosti sjemena, ne mikorizi.

Statistikom značajnijih inicijalnih morfoloških varijabli sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) kod inokuliranog sjemena ektomikoriznim gljivama možemo vidjeti veću prosječnu visinu (cm) za 2 cm od ne inokuliranih sadnica. Minimalna visina sadnice na plohi „Kontrola“ iznosila je samo 2,8 cm što se pretpostavlja da je razlog kasnog proljetnog mraza. Promjer vrata korijena kod ektomikorize je u prosjeku 5,27 mm, a kod kontrole 4,97 mm. Iz toga je vidljiv za 0,3% veći promjer vrata korijena u istome uzrastu kod inokuliranih sadnica.

Izradom statističkih T-testova između mikoriziranih i ne mikoriziranih sadnica pratio se broj listova (kom), vodni potencijal biljaka (bar) i kvantni prinos fotosustava II ( $F_v/F_m$ ). U konačnici T-testom nisu utvrđene statistički značajne razlike u ovim segmentima istraživanja.

U deskriptivnoj statistici i izradom T-testa za indeks sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u mezofilu lista kontrolnih i inokuliranih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) utvrđene su statistički značajne razlike ( $p=0,006197$ ) u sadržaju klorofila. Prosječni sadržaj klorofila kod ektomikorize iznosio je 9,41, a „Kontrola“ 8,20. Ovaj segment možemo pripisati ektomikorizi jer se pretpostavlja da je za ukupni sadržaj klorofila u listu zaslužna dovoljna količina dušika i bolja apsorpcija preko korijena u vršne dijelove biljke.

## 5. LITERATURA

1. Alexander, M., 1977: Introduction to Soil Microbiology. John Wiley and Sons, New York.
2. Amaranthus, M. P. 1992: Mycorrhizas, forest disturbance and regeneration in the pacific northwestern United States. Mycorrhizas in Ecosystems, CAB International, Cambridge str. 202-207.
3. Amaranthus, M. P., D. A. Perry, 1987: Effect of soil transfer on ectomycorrhiza formation and the survival and growth of conifer seedlings on old, nonreforested clear-cuts. Can. J. For. Res. 17: 944-950.
4. Appleton, B., J. Koci, S. French, M. Lestyan, R. Harris, 2003: Mycorrhizal fungal inoculation of established street trees. Journal of Arboriculture, 29 (2): 107-110.
5. Bucher, M., 2007: Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. New Phytol., 173: 11-26.
6. Burgess, T., N. Malajczuk, T. S. Grove, 1993: The ability of 16 ectomycorrhizal fungi to increase growth and phosphorus uptake by *Eucalyptus globulus* Labill and *E. diversicolor* F. Muell. Plant Soil, 153:155-164.
7. Castellano, M. A., 1996: Outplanting performance of mycorrhizal inoculated seedlings. In: K. G. Mukerji (ed) Concepts in Mycorrhizal Research. Kluwer Academic Publishers, str. 223-301.
8. Cheng, S., P. Widden, C. Messier, 2005: Light and tree size influence belowground development in yellow birch and sugar maple. Plant Soil, 270: 321-333.
9. Devine, W. D., C. A. Harrington, D. Southworth, 2009: Improving root growth and morphology of containerized Oregon White Oak seedlings. Tree Planters' Notes, 53 (2): 29-34.
10. Devine, W. D., C. A. Harrington, D. Southworth, 2009: Improving root growth and morphology of containerized Oregon White Oak seedlings. Tree Planters' Notes, 53 (2): 29-34.
11. Dixon, R. K., S. G. Pallardy, H. E. Garrett, G. S. Cox, I. L. Sander, 1983: Comparative water relations of container-grown and bare-root ectomycorrhizal and nonmycorrhizal *Quercus velutina* seedlings. Can. J. For. Res., 61:1559-1565.

12. Drvodelić, D., 2014./2015: Rasadnička proizvodnja ukrasnoga bilja: Vježba 1. Generativno razmnožavanje biljaka-jesenska sjetva žira, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-2., Zagreb.
13. Drvodelić, D., D. Ugarković, M. Oršanić, V. Paulić, 2016: The Impact of Drought, Normal Watering and Substrate Saturation on the Morphological and Physiological Condition of Container Seedlings of Narrow-Leaved Ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl). <http://www.seefor.eu/vol-7-no-2-drvodelic-et-al-the-impact-of-drought.html> (01.09.2016.)
14. Dubravec, K. D., I. Regula, 1995: Fiziologija bilja. Školska knjiga Zagreb, 244 str.
15. Egerton-Warburton, L. M., B. J. Griffen, 1995: Differential responses of *Pisolithus tinctorius* isolates to aluminum in vitro. *Can. J. Bot.*, 73:1229-1233.
16. Frank, A. B., 1885: Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Baume durch unterirdische Pilze. *Ber. deut. bot. Ges.*, 3:128-145.
17. Franjić, J. i Ž. Škvorc, 2010: Šumsko drveće i grmlje hrvatske, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 296 str., Zagreb.
18. Gagnon, J., C. G. Langlois, J. Gargaye, 1991: Growth and ectomycorrhiza formation of container-grown red oak seedlings as a function of nitrogen fertilization and inoculum type of *Laccaria bicolor*. *Can. J. Forest Res.*, 21: 966-973.
19. Garbaye, J., J. L. Churin, R. Duponnois, 1992: Effects of substrate sterilization, fungicide treatment, and mycorrhization helper bacteria on ectomycorrhizal formation of pedunculate oak (*Quercus robur*) inoculated with *Laccaria laccata* in two peat bare-root nurseries. *Biol. Fert. Soils*, 13: 55-57.
20. Grunze, N., M. Willmann, U. Nehls, 2004: The impact of ectomycorrhiza formation on monosaccharide transporter gene expression in poplar roots. *New Phytologist*, 164: 147–155.
21. Hatchell, G. E., D. H. Marx, 1987: Response of longleaf, sand, and loblolly pines to *Pisolithus* ectomycorrhizae and fertilizer on a sandhills site in South Carolina. *For. Sci.*, 33: 301-315.
22. Herman, J., 1971: Šumarska Dendrologija, Zagreb, str. 245- 248.
23. Herrmann, S., R. Oelmüller, F. Buscot, 2004: Manipulation of the onset of ectomycorrhiza formation by indole-3-acetic acid, activated charcoal or relative humidity in the association between oak microcuttings and *Piloderma croceum*: influence on plant development and photosynthesis. *J. Plant Physiol.*, 161: 509-517.

24. Hormilla, S., M. K. Dunabeitia, P. Cabrerizo, J. I. Pena, J. M. Becerril, 1996: Response of six ectomycorrhizal fungi on pure culture to some environmental stresses. Mycorrhizas in integrated systems from genes to plant development. European Commission, Brussels, str. 448-451.
25. Jha, B. N., G. D. Sharma, A. K. Shukla, 2008: Effect of Ectomycorrhizal Development on Growth in Pine Seedlings. *Journal of Plant Sciences*, 3 (1): 77-84.
26. Khasa, P. D., L. Sigler, P. Chakravarty, B. P. Dancik, L. Erikson, D. Mc Curdy, 2001: Effect of fertilization on growth and ectomycorrhizal development of container-grown and bare-root nursery conifer seedlings. *New For.*, 22:179–197.
27. Leake, J., D. Johnson, D. Donnelly, G. Muckle, L. Boddy, D. Read, 2004: Networks of power and influence: the role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning. *Can. J. Bot.*, 82: 1016-1045.
28. Matić, S., 1993: Brojnost pomlatka glavne vrste drveća kao temeljni preduvjet kvalitetne obnove, podizanja i njege šuma. *Glas šum pokuse Pos izd 4* : 365-379.
29. Rao, C. S., G. D. Sharma, A. K. Shukla, 1996: Ectomycorrhizal efficiency of various mycobionts with *Pinus kesiya* seedlings in forest and degraded soils. *Proc. Indian Natl. Sci. Acad.*, 62: 427-434.
30. Ross, E. W., D. H. Marx, 1972: Susceptibility of sand pine to *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology*, 62:1197-1200.
31. Smith, S. E., D. J. Read, 1997: *Mycorrhizal Symbiosis*. Second Edition, Academic press, Harcourt Brace & Company, San Diego.
32. StatSoft, Inc., 2008: *Electronic Statistics Textbook*. Tulsa, OK: StatSoft. [www.statsoft.com/textbook/stathome.html](http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html) (04.09.2016.)
33. Sylvia, D. M. 1998: Overview of mycorrhizal symbioses. Mycorrhiza Information Exchange. <http://mycorrhiza.ag.utk.edu> (05.09.2016.)
34. Sylvia, D. M., S. E. Williams, 1992: Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stress, pp 101–124. In Linderman, R.G., and G.J. Bethlenfalvay (Eds.). *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. Special publication No. 54, American Society of Agronomy, Madison, WI.
35. Taylor, J. H., C. A. Peterson, 2005: Ectomycorrhizal impacts on nutrient uptake pathways in woody roots. *New For.*, 30: 203-214.
36. Tikvić, I., Z. Seletković, I. Anić 1995: Propadanje šuma kao pokazatelj promjene ekoloških uvjeta u atmosferi. *Šum list* 11-12 : 361-371.

37. Tikvić, I., Z. Seletković, D. Ugarković, R. Rosavec, 2013: Rast sadnica hrasta lužnjaka inokuliranih ektomikorizom *Laccaria bicolor* u uvjetima prevelike vlažnosti supstrata.
38. Tikvić, I., Z. Seletković, D. Ugarković, R. Rosavec, 2007: Growth of Pedunculate oak seedlings inoculated with ectomycorrhiza *Laccaria bicolor* in excessively humid substrate conditions. *Periodicum Biologorum*, 109 (1): 47-53.
39. Wallander, H., A. Fossum, U. Rosengren, H. Jones, 2005: Ectomycorrhizal fungal biomass in roots and uptake of P from apatite by *Pinus sylvestris* seedlings growing in forest soil with and without wood ash amendment. *Mycorrhiza*, 15: 143-148.
40. Zhou, M., T. L. Sharik, M. F. Jurgensen, D. L. Richter, 1997: Ectomycorrhizal colonization of *Quercus rubra* seedlings in response to vegetation removals in oak and pine stands. *Forest Ecol. Manag.*, 93 (1-2): 91-100.