

Utjecaj kondicionera tla na preživljavanje i morfološko-fiziološko stanje šumskih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) nakon sadnje na terenu

Hubak, Tomislav Krešimir

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:879542>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
ŠUMARSKI ODSJEK

DIPLOMSKI STUDIJ
URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA

TOMISLAV KREŠIMIR HUBAK

**UTJECAJ KONDICIONERA TLA NA PREŽIVLJAVANJE I MORFOLOŠKO-
FIZIOLOŠKO STANJE ŠUMSKIH SADNICA HRASTA LUŽNJAKA (*QUERCUS ROBUR*
L.) NAKON SADNJE NA TERENU**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB (RUJAN, 2023.)

FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE

ŠUMARSKI ODSJEK

**UTJECAJ KONDICIONERA TLA NA PREŽIVLJAVANJE I MORFOLOŠKO-
FIZIOLOŠKO STANJE ŠUMSKIH SADNICA HRASTA LUŽNJAKA (*QUERCUS ROBUR*
L.) NAKON SADNJE NA TERENU**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša

Predmet: Rasadnička proizvodnja ukrasnog bilja

Mentor: izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić

Ispitno povjerenstvo: 1. izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić

2. prof. dr. sc. Darko Bakšić

3. izv. prof. dr. sc. Damir Ugarković

Student: Tomislav Krešimir Hubak

JMBAG: 0068211298

Broj indeksa: 3271/16

Datum odobrenja teme: 25. travnja 2022.

Datum predaje rada: 25. rujna 2023.

Datum obrane rada: 27. rujna 2022.

ZAGREB, (RUJAN, 2023.)

Naslov	Utjecaj kondicionera tla na preživljavanje i morfološko-fiziološko stanje šumskih sadnica hrasta lužnjaka (<i>Quercus robur</i> L.) nakon sadnje na terenu
Title	Influence of soil conditioners on survival and morphological-physiological condition of pedunculate oak (<i>Quercus robur</i> L.) forest seedlings after planting in the field
Autor	Tomislav Krešimir Hubak
Adresa autora	Vladimira Nazora 37, Mraclin
Mjesto izrade	Fakultet šumarstva i drvne tehnologije
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić
Izradu pomogao	izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić
Godina objave	2023.
Obujam	Broj stranica 81, slika 24, tablica 46, grafova 30 i navoda literature 28
Ključne riječi	sadnice, hrast lužnjak, kondicioneri tla, morfologija, fiziologija, DQI
Key words	seedlings, pedunculate oak, soil conditioners, morphology, physiology, DQI
Sažetak	<p>Pokusna ploha osnovana je u jesen 2021. godine sadnjom sadnica hrasta lužnjaka gologa korijena dobi 3+0 u G.J. Dubrava Mokrice-Šašinovečki Lug", odsjek 16d. U iskopanu sadnu jamu u prvom tretiranju stavljen je kondicioner tla tipa 1, u drugom tretiranju kondicioner tla tipa 2. Kondicioneri tla postavljeni su direktno ispod korijena s iste strane. Kontrolna ploha bila je bez kondicionera. U laboratoriju su obavljene analize kondicionera tla. Tijekom prve vegetacije registrirat će se lisne fenofaze, a na kraju druge vegetacije izmjera visinskog rasta i prirasta te morfološkog stanja sadnica. Preživljavanje sadnica mjerit će se u prvoj i drugoj vegetaciji. Osim toga obaviti će se izmjera i fiziološkog stanja sadnica što uključuje indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću, fluorescencija klorofila "a" kojom se mjeri maksimalni kvantni prinos fotosustava II (Fv/Fm). Istraživanja će dati odgovor koji kondicioneri tla su bolji s obzirom na morfologiju i fiziologiju sadnica te preporuke za njihov način primjene u šumarskoj operativi.</p>

„Izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 27. rujna 2023. godine

vlastoručni potpis

Tomislav Krešimir Hubak

SAŽETAK

Pokusna ploha osnovana je u jesen 2021. godine sadnjom sadnica hrasta lužnjaka gologa korijena dobi 3+0 u G.J. Dubrava Mokrice-Šašinovečki Lug", odsjek 16d. U iskopanu sadnu jamu u prvom tretiranju stavljen je kondicioner tla tipa 1, u drugom tretiranju kondicioner tla tipa 2. Kondicioneri tla postavljeni su direktno ispod korijena s iste strane. Kontrolna ploha bila je bez kondicionera. U laboratoriju su obavljene analize kondicionera tla. Tijekom prve vegetacije registrirat će se lisne fenofaze, a na kraju druge vegetacije izmjera visinskog rasta i prirasta te morfološkog stanja sadnica. Preživljavanje sadnica mjerit će se u prvoj i drugoj vegetaciji. Osim toga obavit će se izmjera i fiziološkog stanja sadnica što uključuje indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću, florescencija klorofila "a" kojom se mjeri maksimalni kvantni prinos fotosustava II (Fv/Fm). Istraživanja će dati odgovor koji kondicioneri tla su bolji s obzirom na morfologiju i fiziologiju sadnica te preporuke za njihov način primjene u šumarskoj operativi.

ABSTRACT

The experimental plot was established in the fall of 2021 by planting bare-rooted pedunculate oak seedlings 3+0 in G.J. Dubrava Mokrice-Šašinovečki Lug", section 16d. In the first treatment, type 1 soil conditioner was placed in the excavated planting pit, and in the second treatment, type 2 soil conditioner was placed in the planting pit. The soil conditioners were placed directly under the roots on the same side. The control plot was without conditioner. Analyzes of soil conditioners were performed in the laboratory. During the first growing season, leaf phenophases will be registered, and at the end of the second growing season, height growth and diameter of the root neck and the morphological state of the seedlings will be measured. Seedling survival will be measured in the first and second growing seasons. In addition, measurements will be made connected to physiological state of seedlings, which includes the index of the relative content of total chlorophyll (CCI) in the leaves, the florescence of chlorophyll "a", which measures the maximum quantum yield of photosystem II (Fv/Fm). The research will give an answer as to which soil conditioners are better in terms of morphology and physiology seedlings and recommendations for their method of application in forestry operations.

ZAHVALA

Na kraju studiranja želio bih se zahvaliti dragom Bogu što mi je dao snage, zdravlja i strpljenja tijekom cijelog studija i pisanja ovog rada. Hvala mojim roditeljima, braći i sestri koji su me poticali i vjerovali u moj uspjeh. Posebna zahvala mojoj supruzi na potpori, razumijevanju i pomoći oko izrade ovog rada.

Hvala svim profesorima i djelatnicima Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije na prenesenom znanju.

Zahvaljujem se tehničkom direktoru dipl. ing. šumarstva Maksu Udovu i izvršnom direktoru Tinu Udovču tvrtke HerbaFarm Magnolija na ustupljenim materijalima korištenim u ovom radu. Hvala prof. dr. sc. Darku Bakšiću na izradi laboratorijskih analiza prezentiranih u ovom radu. Hvala g. Ivanu Devčiću na terenskoj pomoći tijekom trajanja ovog istraživanja i svim djelatnicima rasadnika „Šumski vrt i arboretum“ koji su sudjelovali u ovom radu.

Na kraju, posebno se zahvaljujem svom mentoru izv. prof. dr. sc. Damir Drvodelić što me svojim savjetima i stručnim znanjem, ali i velikom količinom truda, motivacije i ljubavi vodio i pomogao u pisanju ovog diplomskog rada. Od srca vam hvala na strpljenju i stalnoj dostupnosti i susretljivosti.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Opće značajke hrasta lužnjaka (<i>Quercus robur</i> L.).....	1
1.1.1. Taksonomski položaj i areal.....	1
1.2. Opće morfološke značajke hrasta lužnjaka (<i>Quercus robur</i> L.).....	2
1.2.1. Morfološke značajke sadnica hrasta lužnjaka (<i>Quercus robur</i> L.).....	2
1.2.2. Koeficijent vitkosti.....	3
1.2.3. Dicksonov indeks kvalitete (DQI).....	3
1.3. Fiziološko stanje sadnica hrasta lužnjaka (<i>Quercus robur</i> L.).....	4
1.3.1. Indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću.....	4
1.3.2. Metoda fluorescencije klorofila.....	5
1.4. Kondicioneri tla.....	6
2. Ciljevi istraživanja.....	7
3. Materijali i metode.....	8
3.1. Kondicioneri tla korišteni u istraživanju.....	8
3.2. Pokusne plohe.....	21
3.3. Ekološko – pedološki laboratorij Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije.....	23
3.4. Fenološka motrenja.....	24
3.5. Morfološka mjerenja.....	26
3.5.1. Mjerenje visina sadnica i promjera vrata korijena.....	26
3.5.2. Koeficijent vitkosti (H/D).....	26
3.5.3. Masa svježe i suhe tvari.....	26
3.5.4. Dicksonov indeks kvalitete (DQI).....	27
3.6. Fiziološka mjerenja.....	27
3.6.1. Indeks relativnog sadržaja klorofila (CCI) u lišću.....	27
3.6.2. Mjerenje fluorescencije klorofila.....	28
3.7. Preživljavanje sadnica.....	28
4. Rezultati.....	29
4.1. Laboratorijska analiza uzorka.....	29
4.2. Fenofaze listanja.....	30
4.3. Morfološke značajke.....	31

4.3.1. Visina i promjer vrata korijena	31
4.3.2. Koeficijent vitkosti.....	38
4.3.3. Masa svježe tvari.....	40
4.3.4. Masa suhe tvari.....	45
4.3.5. Dicksonov indeks kvalitete (DQI)	50
4.3.6. Korelacije 8 morfoloških varijabli sadnica hrasta lužnjaka (<i>Quercus robur</i> L.) prema Römer-Orphalovoj raspodjeli	52
4.4. Fiziološke značajke	54
4.4.1. Indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću	54
4.4.2. Maksimalni kvantni prinos fotosustava II (Fv/Fm).....	55
4.5. Preživljavanje sadnica	57
5. Rasprava	62
6. Zaključak.....	65
7. Literatura.....	66

Popis slika

Slika 1. Uređaj CCM-200 (Opti-Sciences, Tyngsboro, MA, USA)

Slika 2. Uređaj FluorPen FP100

Slika 3. Vrećice od biorazgradivog kolagena punjene s kondicionerima tla

Slika 4. Crni treset

Slika 5. Bijeli treset

Slika 6. Glina u prahu

Slika 7. Glisnjak

Slika 8. Stallatico pelletato

Slika 9. Agrovit (izvor: <https://www.biogeist.hr/>)

Slika 10. Osmocote Exact 12-14M

Slika 11. Hidrogel

Slika 13. Kondicioneri tla u kolagenskoj vrećici „Tretman 1“

Slika 15. Mikrobiološki stimulator Ekstrasol

Slika 16. Tekuće mineralno gnojivo Fitoalgen Plus

Slika 17. Inokulat mikoriznih gljivica Mycoapply DR

Slika 18. Sastav kolagenske vrećice „Tretman 2“

Slika 19. Položaj g.j. „Dubrava-Mokrice-Šašinovečki lug“ (izvor: PROGRAM ZA GOSPODARENJE ŠUMAMA POSEBNE NAMJENE NASTAVNO POKUSNI ŠUMSKI OBJEKT ZAGREB)

Slika 20. Sadnice golog korijena hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) 3+0 prije sadnje na terenu

Slika 21. Položaj vrećice od biorazgradivog kolagena s kondicionerima tla i korijena sadnice u sadnoj jami

Slika 22. Prikaz fenofaza listanja hrasta lužnjaka (izvor: Perić, S., 2001: Šumsko – uzgojna svojstva različitih provenijencija hrasta lužnjaka (*Quercus robur*, L.) u Hrvatskoj. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 169 str.)

Slika 23. Prikaz mjerenja indeksa relativnog sadržaja klorofila u lišću klorofilmetrom CCM 200

Slika 24. Prikaz mjerenja fluorescencije klorofila mjernim uređajem FluorPen FP100

Popis tablica

Tablica 1. Kemijski sastav proizvoda Stallatico pellato (izvor: <https://www.zeleni-hit.hr/>)

Tablica 2. Mineralni sastav Azomite (izvor: <https://www.proeco.hr/>)

Tablica 3. Udio mobilnih hraniva u uzorcima prema ekstrakcijskoj metodi Mehlich-3

Tablica 4. Deskriptivna statistika fenologije listanja h. lužnjaka (do faze L7) s obzirom na tretmane

Tablica 5. Analiza varijance za fenologiju listanja

Tablica 6. Tukeyev HSD test za fenologiju listanja

Tablica 7. Deskriptivna statistika visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) prije

sadnje i nakon dvije vegetacije

Tablica 8. Analiza varijance za visinu sadnica (cm) hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) prije sadnje i nakon dvije

Tablica 9. Tukeyev HSD test za visinu sadnica (cm) hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) prije sadnje i nakon dvije

Tablica 10. Analiza varijance za promjer korijena vrata sadnica prije sadnje i nakon dvije vegetacije

Tablica 11. Analiza varijance za promjer vrata korijena (D2)

Tablica 12. Tukeyev HSD test promjer vrata korijena (D2)

Tablica 13. Deskriptivna statistika visina, promjera vrata korijena i koeficijenta vitkosti sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) nakon dvije vegetacije

Tablica 14. Kruskal-Wallis ANOVA test koeficijenta vitkosti s obzirom na tretmane

Tablica 15. Deskriptivna statistika mase stabljike, mase korijena, ukupne biomase sadnica i omjera mase stabljike i mase korijena nakon dvije vegetacije

Tablica 16. Analiza varijance za masu stabljike

Tablica 17. Tukeyev HSD test za masu stabljike

Tablica 18. Analiza varijance za masu korijena

Tablica 19. Tukeyev HSD test za masu korijena

Tablica 20. Analiza varijance za ukupnu biomasu sadnice

Tablica 21. Tukeyev HSD test za ukupnu biomasu sadnice

Tablica 22. Analiza varijance za omjer mase stabljike i mase korijena

Tablica 23. Tukeyev HSD test za omjer mase stabljike i mase korijena

Tablica 24. Deskriptivna statistika mase stabljike, mase korijena, ukupne biomase i omjera mase stabljike i mase korijena nakon 48 sati sušenja na 68°C

Tablica 25. Kruskal-Wallis ANOVA test mase stabljike s obzirom na tretmane

Tablica 26. Analiza varijance za masu korijena

Tablica 27. Tukeyev HSD test za masu korijena

Tablica 28. Analiza varijance za ukupnu biomasu sadnic

Tablica 29. Tukeyev HSD test za ukupnu biomasu sadnice

Tablica 30. Analiza varijance za omjer mase stabljike i mase korijena

Tablica 31. Tukeyev HSD test za omjer mase stabljike i mase korijena

Tablica 32. Deskriptivna statistika Dicksonovog indeksa kvalitete (DQI) s masom svježe i masom suhe tvari

Tablica 33. Analiza varijance za Dicksonov indeks kvalitete (DQI) s masom svježe tvari

Tablica 34. Tukeyev HSD test za Dicksonov indeks kvalitete (DQI) s masom svježe tvari

Tablica 35. Analiza varijance za Dicksonov indeks kvalitete (DQI)

Tablica 36. Tukeyev HSD test za Dicksonov indeks kvalitete (DQI)

Tablica 37. Korelacije za 8 morfoloških varijabli sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz kontrolne plohe

Tablica 38. Korelacije za 8 morfoloških varijabli sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz tretmana 1

Tablica 39. Korelacije za 8 morfoloških varijabli sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz tretmana 2

Tablica 40. Korelacije za 8 morfoloških varijabli sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) bez obzira na tretmane (sveukupno)

Tablica 41. Deskriptivna statistika indeksa relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću

Tablica 42. Analiza varijance za indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću

Tablica 43. Tukeyev HSD test za indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću

Tablica 44. Deskriptivna statistika maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II (Fv/Fm)

Tablica 45. Analiza varijance za maksimalni kvantni prinos fotosustava II

Tablica 46. Tukeyev HSD test za maksimalni kvantni prinos fotosustava II

POPIS GRAFOVA

Graf 1. Broj dana za ulazak u fenofazu L7 s obzirom na tretmane

Graf 2. Visina sadnica (cm) prije sadnje i nakon dvije vegetacije s obzirom na tretmane

Graf 3. Promjer vrata korijena prije sadnje i nakon dvije vegetacije

Graf 4. Promjer vrata korijena (D2) s obzirom na tretmane

Graf 5. Korelacije početnih visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (kontrola)

Graf 6. Korelacije visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka nakon dvije vegetacije (kontrola)

Graf 7. Korelacije početnih visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (tretman 1)

Graf 8. Korelacije visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka nakon dvije vegetacije (tretman 1)

Graf 9. Korelacije početnih visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (tretman 2)

Graf 10. Korelacije visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka nakon dvije vegetacije (tretman 2)

Graf 11. Koeficijent vitkosti s obzirom na tretmane nakon dvije vegetacije

Graf 12. Masa stabljike s obzirom na tretmane

Graf 13. Masa korijena s obzirom na tretmane

Graf 14. Ukupna biomasa sadnice s obzirom na tretmane

Graf 15. Masa stabljike i masa korijena s obzirom na tretmane

Graf 16. Masa stabljike s obzirom na tretmane

Graf 17. Masa korijena s obzirom na tretmane

Graf 18. Ukupna biomasa sadnice s obzirom na tretmane

Graf 19. Omjer mase stabljike i mase korijena s obzirom na tretmane

Graf 20. DQI s masom svježe tvari s obzirom na tretmane

Graf 21. DQI s obzirom na tretmane

Graf 22. Indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

Graf 23. Maksimalni kvantni prinos fotosustava II s obzirom na tretmane

Graf 24. Preživljavanje sadnica prema kategorijama kroz tri opservacije (kontrola)

Graf 25. Preživljavanje sadnica prema kategorijama kroz tri opservacije (tretman 1)

Graf 26. Preživljavanje sadnica prema kategorijama kroz tri opservacije (tretman 2)

Graf 27. Ukupno preživljavanje sadnica kroz tri opservacije (kontrola)

Graf 28. Ukupno preživljavanje sadnica kroz tri opservacije (tretman 1)

Graf 29. Ukupno preživljavanje sadnica kroz tri opservacije (tretman 2)

Graf 30. A+B+C na kraju druge vegetacije

1. Uvod

Šume u Republici Hrvatskoj zauzimaju 44,52 % kopnene površine i prostiru se na oko dva milijuna hektara zemljišta. Obnovljivi su prirodni resurs koji se potrajnim i održivim gospodarenjem nastoji sačuvati za buduće generacije. Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) najvažnija je i ekonomski najvrjednija vrsta i zauzima površinu od oko 200.000 hektara. Šumom hrasta lužnjaka gospodari se jednodobno na način da nakon ophodnje stara šuma bude zamijenjena novom, mladom šumom. Hrvatsko šumarstvo se temelji na prirodnoj obnovi šuma pod zastorom krošnje. Većina šuma se na kraju ophodnje pomlađuje pomoću sjemena koje padne na tlo sa starih matičnih stabala. U normalnim uvjetima hrast lužnjak plodonosi svake 3. do 5. godine (Gradečki-Poštenjak i dr. 2011). U ostalim godinama, kada nije puni urod sjemena, produkcija plodova je mala ili potpuno izostaje (Sever i dr. 2013). Promjenom klimatskih i drugih okolišnih uvjeta narušena je ravnoteža u šumskim ekosustavima koja se očitava u poteškoćama prilikom obnove prirodnih šuma (Perić i dr. 2009). U šumarskoj struci opće je mišljenje da je urod žira sve slabiji posebno u zadnjih dvadesetak godina iako ne postoje pouzdani podaci o toj tezi. Prema podacima HŠ d.o.o. u 2022. godini sakupljeno je i preuzeto samo 1423 kg žira hrasta lužnjaka, u 2021. godini 345 484 kg, a u 2020. godini 310 850 kg. Uslijed izostanka periodičnog uroda žira, prirodna obnova je otežana te ju potpomažemo umjetnom – sadnjom žira pod motiku ili sadnjom sadnica (Crnković i dr. 2017).

1.1. Opće značajke hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

1.1.1. Taksonomski položaj i areal

Hrast lužnjak pripada rodu *Quercus* iz porodice *Fagaceae* koji sadrži preko 300 vrsta drveća i grmlja. Rasprostranjen je gotovo po cijeloj Europi u umjerenj zoni Sjeverne polutke, a nalazi se i na području Male Azije i Kavkaza. Uspijeva na vlažim, poplavnim staništima s visokom razinom podzemne vode, na plodnim ilovastim i pjeskovito ilovastim tlima umjereno kisele ili neutralne reakcije s visokim sadržajem humusa. Hrast lužnjak je klimatogena vrsta drveća i tvori trajne šumske zajednice. Osim čistih lužnjakovih sastojina glavna je vrsta drveća u mješovitim sastojinama s običnim grabom, poljskim jasenom i drugim vrstama. U Republici Hrvatskoj hrast lužnjak je vezan za specifične prirodne uvjete koji nastaju u poplavnim dijelovima velikih rijeka Save, Drave i Kupe i njihovih pritoka s najvećim šumski kompleksima na području Spačve, Lonjskog polja i Repaša (Matić 2000).

1.2. Opće morfološke značajke hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) je listopadna vrsta drveća sa stablom visine 30 – 40 (50) m i prsnog promjera do 250 cm. Krošnja je nepravilna s krivudavim granama, na osami voluminozna i široko ovalna, a u šumskom sklopu slabije razvijena s naglašenim dugačkim, ravnim i jedrim deblom (Franjić 1996). Kora je u mladosti glatka, fino ispucala, kasnije dublje izbrazdana, tamnosiva. Izbojci su bridasti, svijetlosmeđi, djelomično mogu biti pokriveni bjelkastim slojem epiderme. Pupovi su spiralno raspoređeni, jajasti, tupovrhi ili kratko ušiljeni, pokriveni s većim brojem ljusaka. Listovi su naizmjenični, jednostavni, obrnuto jajasti, cijeloga ruba, perasto režnjasti, na svakoj strani sa 3- 6 zaobljenih režnjeva (Idžojtić 2009). Korijen je razgranat i snažno razvijen. Hrast lužnjak cvjeta u travnju i svibnju i ima jednospolne, anemofilne cvjetove. Muški cvjetovi su sitni i razvijaju se u uskim, dugačkim, sitnim resama, a ženski su neuočljivi u uspravnim klasovima, na dugačkim stapkama. Plod je duguljasto jajasti, smeđi 2- 3 cm dugački i 1 – 1,5 cm široki jednosjemeni žir. Plodovi mogu biti pojedinačni ili do 5 zajedno, sjede na do 10 cm dugačkoj stapci. U donjoj četvrtini do trećini svoje dužine nalaze se u kupuli, koja je zdjeličasta i s vanjske strane gusto obrasla sivo dlakavim ljuskama. Dozrijevaju u rujnu iste godine te ubrzo otpadaju.

1.2.1. Morfološke značajke sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

Kvalitetu šumske sadnice određuju tri čimbenika: genetsko podrijetlo sjemena, klima rasadnika i rasadnička tehnologija. Kada govorimo o ocijeni kvalitete šumske sadnice u obzir treba uzeti genetiku, morfologiju i fiziologiju same sadnice. Genetika je uvjetovana provenijencijom sjemena i kategorijama šumskog reproduksijskog materijala, morfološki kriteriji odnose se na vanjske značajke kao što su izgled i stanje sadnice, a fiziološki kriteriji su povezani s unutarnjim stanjem biljke (Drvodelić 2019). Morfološke značajke sadnica određuju se jednostavnom metodom i jeftinom opremom, a sama izmjera je vrlo laka i brza. Visina izbojka i promjer korijena vrata najčešće su korištene morfološke značajke sadnica kojima se klasiraju sadnice u rasadniku (Haase 2007). Drvodelić (2019), osim visine izbojka i promjera vrata korijena, kao morfološka svojstva navodi duljinu pupa, volumen korijena i stabljike, težinu sadnica, odnos volumena izbojka i korijena te boja, forma i oštećenja. Ukoliko se za procjenu kvalitete sadnica uzme samo jedna karakteristika (najčešće samo visina sadnica), kvaliteta neće biti dobro procijenjena i uspjeh će izostati (Drvodelić 2013). Poznato je kako morfološki elementi kvalitete sadnica, poput visine i promjera vrata korijena, ne koreliraju u svim slučajevima s uspjehom nakon presadnje na teren (Davis i dr. 2005). Uz izmjeru visine izbojka i promjera vrata korijena najčešće se koristi metoda izmjere težine i omjera između nadzemnog i podzemnog dijela sadnice. Biomasa u svježem stanju mjeri se odmah nakon uzimanja uzoraka. Iz razloga što sadržaj vode u tkivu može značajno varirati, težina u suhom stanju se češće mjeri i interpretira Pouzdanije i preciznije podatke o težini i omjeru nadzemnog

i podzemnog dijela sadnice može se utvrditi nakon sušenja najmanje 48 sati na 68°C (Drvodelić 2019).

1.2.2. Koeficijent vitkosti

Odnos između ukupne visine (cm) i promjera vrata korijena (mm) je koeficijent vitkosti ili vitkost (čvrstoća) sadnica (Drvodelić i Oršanić 2019; Haase 2008). Niži odnos ukazuje na sadnice koje su deblje i niže, dok visok odnos upućuje na relativno vitke sadnice. Sadnice većih visina su u pravilu poželjnije od malih, ali je važno da imaju ravnotežu nadzemnog dijela i korijenskog sustava. Veća masa korijena pokazatelj je veće apsorpcijske površine koja omogućuje bolje podnošenje sušnih razdoblja (Thompson 1985). Sadnice nekih vrsta s velikim koeficijentom vitkosti osjetljivije su na oštećenja od vjetra, suše i mraza (Roller 1977). Omjer čvrstoće dobar je pokazatelj sposobnosti podnošenja fizičkih oštećenja svih vrsta sadnica. Sadnice s manjim koeficijentom vitkosti imaju veće izgleda za preživljenje na vjetrovitim i suhim mjestima, jer je korijenski sustav razvijeniji od nadzemnog dijela sadnice. Prema Jaenicke (1999), koeficijent vitkosti veći od 6 je nepoželjan, a sadnice širokolisnih vrsta drveća s omjerom čvrstoće manjim ili jednakim 7 označavaju se kao zdrave sadnice (Choi i dr. 2021).

1.2.3. Dicksonov indeks kvalitete (DQI)

Vrlo dobar pokazatelj kvalitete sadnica je Dicksonov indeks kvalitete koji uzima u obzir morfološke značajke sadnica kao što je biomasa, visina i promjer korijenovog vrata. Rezultati brojnih istraživanja pokazali su da sadnice s većim DQI imaju statistički bolje morfološke značajke (Drvodelić 2019). Računa se prema formuli:

$$DQI = \frac{UB (g)}{\frac{H(cm)}{PVK(mm)} + \frac{MS(g)}{MK(g)}}$$

Gdje je:

UB = ukupna biomasa biljke u suhom stanju

H = visina nadzemnog dijela biljke

PVK = promjer vrata korijena

MS = masa stabljike u suhom stanju

MK = masa korijena u suhom stanju

1.3. Fiziološko stanje sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

1.3.1. Indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću

Principi rada i konstrukcija prijenosnog optičkog klorofilmetara CCM-200 (Opti-Sciences, Tyngsboro, Massachusetts, USA) prilagođeni su jednostavnoj i brznoj procjeni ukupnoga sadržaja klorofila u lišću biljaka (Cate i Perkins 2003). Klorofilmetar radi na principu propuštanja svjetlosti valnih duljina od 653 nm (crveni dio sunčeva spektra) i 931 nm (infracrveni dio sunčeva spektra) kroz mezofil lista ispunjen kloroplastima u kojima se nalazi klorofil. Na temelju relativne količine propuštene, odnosno apsorbirane svjetlosti od strane klorofila dobivamo indeks sadržaja klorofila – *Chlorophyll content indeks-CCI*. Sadržaj klorofila u biljci tijekom vegetacijskog razdoblja ovisi o pristupačnosti dušika iz tla i usvajanju dušika od strane biljke što je vrlo važno za stvaranje klorofila te sam proces fotosinteze tijekom kojeg se stvaraju hranjive tvari neophodne za rast i razvoj biljke. Na temelju toga, klorofilmetar se smatra potencijalno korisnim alatom za brzu, jednostavnu, jeftinu i nedestruktivnu procjenu ukupnoga sadržaja i/ili koncentracije N u lišću šumskoga drveća (Sever i dr. 2016).



Slika 1. Uređaj CCM-200 (Opti-Sciences, Tyngsboro, MA, USA)

1.3.2. Metoda fluorescencije klorofila

Riječ je o neinvazivnoj metodi kojom se dobivaju podaci o funkciji fotosintetskog aparata (fotosustav II). Metoda fluorescencije klorofila temelji se na primjeni dovoljno jakog svjetlosnog impulsa uslijed kojeg dolazi do potpune redukcije vezanog plastokinona (Qa). Na taj je način fotokemijsko gašenje fluorescencije zaustavljeno, a preostalo je gašenje nefotokemijsko, tj. toplina. Kada su svi plastokinoni potpuno oksidirani, reakcijski centri posve su otvoreni, pa elektroni sudjeluju u fotokemijskim reakcijama. To se događa u uvjetima slabog osvjetljenja i tada se mjeri minimalni prinos fluorescencije (F_0). Maksimalni prinos fluorescencije (F_m) mjeri se u uvjetima jakog osvjetljenja kada su plastokinoni potpuno reducirani, a reakcijski centri zatvoreni. Razlika između maksimalne i minimalne fluorescencije naziva se varijabilnom fluorescencijom (F_v). Na temelju tih podataka računa se optimalni prinos fotosustava II, F_v/F_m . Taj omjer predstavlja mjeru potencijalnog maksimalnog prinosa kvanta fotosustava II, a za većinu biljnih vrsta ima vrijednost oko 0,83.

Za izmjeru fluorescencije klorofila korišten je uređaj FluorPen FP100 češkog proizvođača PSI (Photon Systems Instruments) spol. s.r.o., prijenosni uređaj na baterije koji omogućuje brzo i precizno mjerenje maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II (F_v/F_m) na terenu, u laboratoriju ili rasadniku.



Slika 2. Uređaj FluorPen FP100

1.4. Kondicioneri tla

Tlo je površinski dio zemljine kore u kojem se razvijaju biljke. Biljkama je općenito potrebno rahlo tlo i povoljni uvjeti za rast i razvoj. Šumsko tlo je vrlo pogodno za razvoj drvenastih biljaka zbog toga što je rahlo i bogato humusom i hranjivima. Šume s dobro razvijenim tlom pružaju povoljne uvjete za prirodnu obnovu. Umjetnom obnovom šuma često se obnavljaju tereni čije tlo ima narušena fizikalna, kemijska i mikrobiološka svojstva i nema povoljne uvjete za rast i razvoj. Često se za popravljavanje fizikalnih svojstava tla, strukture, vodnih odnosa i adsorpcijskog kapaciteta koriste poboljšivači tla koji dodavanjem u tlo popravljaju fizikalna i kemijska svojstva tla. Poboljšivači tla su sredstva koja poboljšavaju strukturu tla povećanjem prozračnosti, vodnog kapaciteta tla i hranjivih sastojaka (Zrno 2020). Klasična mineralna gnojiva razlikuju se od poboljšivača tla u tome što su lako topljiva i ne utječu na popravljavanje strukture tla. Kondicioneri tla su sporotopivi, imaju dugotrajnu prihranu korijena te popravljaju strukturu tla, a mogu biti organski, anorganski ili kombinacija sintetičkih i prirodnih tvari. Poboljšivači tla imaju čestu primjenu u urbanom šumarstvu gdje je tlo u gradskim sredinama degradirano. U umjetnoj obnovi šuma i pošumljavanju s šumskim sadnicama poboljšivači tla predstavljaju inovativna rješenja koja još nisu zaživjela u praktičnom šumarstvu i zbog toga smo u ovom radu odlučili ispitati njihov utjecaj.

2. Ciljevi istraživanja

- 1) Laboratorijske analize dva tipa kondicionera tla
- 2) Utjecaj kondicionera tla na lisne fenofaze hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)
- 3) Utjecaj kondicionera tla na morfološke značajke sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)
- 4) Utjecaj kondicionera tla na fiziološke značajke sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)
- 5) Utjecaj kondicioner tla na preživljavanje sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

3. Materijali i metode

3.1. Kondicioneri tla korišteni u istraživanju

U istraživanju su korištena dva tipa kondicionera tla pakirana u mini vrećice od biorazgradivog kolagena. U ovom radu koristimo nazive „Tretman 1“ i „Tretman 2“ za testirane tipove kondicionera jer proizvodi nisu patentirani. Radi se o inovativnim proizvodima koji u vrijeme pokusa nisu bili službeno dostupni na tržištu. U nastavku su nabrojane i opisane komponente pojedinih tretmana.



Slika 3. Vrećice od biorazgradivog kolagena punjene s kondicionerima tla

Tretman 1 sadrži sljedeće komponente:

1) Crni i bijeli treset

Treset je širok pojam koji obuhvaća treset od mahovine iz roda *Sphagnum*, *Hypnaceous* i dr. Suhi treset vrlo je lagan, relativno je sterilan, može upiti 10-20 puta više vode od svoje težine, ima pH vrijednost od 3,5 – 4,0 kao i određena fungicidna svojstva.

Budući da *Sphagnum* treset sadrži malu količinu hranjiva, biljke koje se dulje vrijeme uzgajaju u ovom supstratu pokazuju simptome nedostatka pojedinih hranjiva. Pomiješan s pijeskom i perlitom daje odličan supstrat za razmnožavanje. Čisti treset u rasadničarstvu ne smatramo hranjivom jer biljke koje se u njemu uzgajaju već za kratko vrijeme pokazuju simptome manjka ili nedostataka glavnih makro i mikro hranjiva. Kako bi bio pristupačan kao hranjivo za biljke,

treset se najprije treba humificirati pa mineralizirati, što traje neko vrijeme, ovisno o padalinama, mikroorganizmima i sl.

Bijeli treset ima oznaku H2-H5 koja se odnosi na stupanj razgradnje treseta. Postoji deset stupnjeva razgradnje prema 'Von Post' ljestvici (H1-H10). Bijeli treset ima najmanji stupanj razgradnje (H1), a crni najviši (H10). Umjerenu razgradnju ima bijeli treset vrijednosti H3-H6, a crni treset od H7-H10. Bijeli treset (H2-H5) sastoji se od vlaknastih čestica duljina od 0 do 25 mm, suha tvar se kreće od 8 do 10 %, kapacitet za vodu od 75 do 80 % i kapacitet za zrak od 10 do 15%. Umjereno razgrađeni bijeli treset (H3-H6) također sadrži vlaknaste čestice duljine od 0 do 25 mm, suha tvar kreće se od 8 do 10 %, kapacitet za vodu od 80 do 85 % i kapacitet za zrak od 7 do 10 %. Crni treset (H7-H10) sastoji se od vlaknastih čestica duljine od 0 do 7 mm, suha tvar se kreće od 9 do 10 %, kapacitet za vodu od 83 do 87 % i kapacitet za zrak od 5 do 8 %. Električna provodljivost (EC-electrical conductivity) označava se s EC. Električna provodljivost jest mjera koncentracije "ukupnih soli" u hranjivoj otopini, a obično se izražava u milisiemensima po linearnom centimetru (mS/cm) ili mikrosiensima po linearnom centimetru ($\mu\text{S}/\text{cm}$) gdje je $1\text{mS} = 1000\ \mu\text{S}$. Treset ima nisku električnu provodljivost (EC), što ga čini lako prilagodljivim. Nizak EC upućuje na to da postoji vrlo malo dostupnih hranjivih tvari ili drugih soli koje čak mogu uzrokovati fitotoksične učinke kao što su ioni natrija ili klorida.

Prednosti:

1. Vrlo lagan
2. Relativno sterilan
3. Velika sposobnost upijanja vode (10-20x svoje težine)
4. Niski pH (3,5-4,0)
5. Inertnost
6. Fungicidna svojstva (*Phragmites*)

Nedostaci:

1. Siromašan hranjivima
2. Cijena



Slika 4. Crni treset



Slika 5. Bijeli treset

2) Glina u prahu

Glina je sedimentna stijena sastavljena od različitih minerala i elemenata u tragovima a ima vrlo široku primjenu. Koristi se kao poboljšivač tla zbog svoje specifične fizičko – kemijske strukture koja omogućava sposobnost zadržavanja vode koje je naročito otežano u pjeskovitim tlima. Čestice gline imaju veliki utjecaj na retenciju vlage u tlu, a poboljšavaju zadržavanje hranjivih tvari u tlu i utječu na povećanje pH tla.



Slika 6. Glina u prahu

3) Glisnjak

Glisnjak je vrlo kvalitetno organsko gnojivo nastalo kao produkt razgradnje organskih ostataka i stajskog gnoja pomoću kalifornijskih glista. Glisnjak je prirodno gnojivo koje poboljšava strukturu tla i sadrži visoki udio bakterija i mikroba te u vodi lako topivih mikro i makro elemenata koje biljka može lako apsorbirati. Mrvičave je strukture, tamne boje i bez mirisa. Izmet glista sadrži gljivice koje u simbiozi s korijenom povećavaju sposobnost upijanja vode i hranjivih tvari.



Slika 7. Glisnjak

4) Stallatico pelletato

Stallatico je peletirano gnojivo organskog porijekla, a sastoji se od humusa dobivenog od konjskog i goveđeg stajskog gnoja u omjeru 50:50. Koristi se u ratarstvu u tlima koja su siromašna organskom tvari i u procesu presađivanja biljaka. Zbog svojeg organskog sastava lako se razgrađuje u tlu.

Tablica 1. Kemijski sastav proizvoda Stallatico pellato (izvor: <https://www.zeleni-hit.hr/>)

KEMIJSKI PARAMETRI:	%
Dušik (N) ukupno	2,5
Fosforni pentoksid (P ₂ O ₅) topiv u vodi	3
Kalijev oksid (K ₂ O) topiv u vodi	2
Kalcijev oksid (CaO) topiv u vodi	7
Magnezijev oksid (MgO) topiv u vodi	0
Sumporov trioksid (SO ₃) topiv u vodi	4
Humusne i fulvinske kiseline	11
Organski (C) ugljik	24
Omjer C/N	10
<i>pH</i>	6.5 - 7.5



Slika 8. Stallatico pelletato

5) Agrovit

Agrovit je prirodno hranjivo bogato makroelemntima koje djeluje kao stimulator rasta i spada u skupinu poboljšivača tla. Popravlja odnose hranjiva u tlu, utječe na povećanje mikroorganizama i veže vlagu u tlu.

Sastav:

pH 10%-tne vodene otopine: 6,0 - 7,5

Sadržaj vode: 5 - 8%

Organska tvar: 10 - 20 %

Dušik-ukupni (N): 1,5 - 2,2 %

Fosfor: 0,2 - 0,5 %

Kalij: 2,5 - 4,0 %

Kalcij: 8,5 - 9,5 %

Magnezij: 5,5 - 6,0 %

Željezo: 2,0 - 2,5 %



Slika 9. Agrovit (izvor: <https://www.biogeist.hr/>)

6) Osmocote Exact 12-14M 15-9-11+2MGO+ME

Osmocote 12-14 je tip mineralnih gnojiva treće generacije s kontroliranim i dugotrajnim otpuštanjem hranjivih tvari. Trajanje mu je 12 do 14 mjeseci i tijekom tog perioda otpušta hranjiva sukladno rastu biljke. Zbog kontroliranog otpuštanja hranjiva iznimno je učinkovit i pouzdan proizvod.

Sastav:

N: 15%

P: 9%

K: 11%

Fe: 0,45%

B: 0,03%

Cu: 0,05%

Mg: 2%

Mn: 0,06%

Mo: 0,02%



Slika 10. Osmocote Exact 12-14M

7) Hidrogel

Hidrokristali ili hidrogeli su vrste vodnih apsorbentata koji se koriste kako bi se korijenu biljke osigurala dostupnost vode u sušnim razdobljima. Već dulji niz godina u poljoprivredi i šumarstvu upotrebljavaju se hidrogelovi, odnosno visokoumreženi poliakrilamidi gdje je 40% amidnih skupina hidrolizirano u karboksilne skupine. Polimeri takvog tipa tvore vodenasti gel koji je sposoban upiti do 400 puta više vode od vlastite težine. Na taj se način stvara dodatna zaliha vode i ublažava vodni stres kod biljaka. Dodavanjem hidrogelova u tlo povećava se otpornost biljaka na sušu.



Slika 11. Hidrogel

8) Prirodni poboljšivač tla Azomite

Azomite je prirodni poboljšivač tla koji sadrži preko 70 minerala i elemenata potrebnih biljci za optimalan rast i razvoj. Potiče brzi rast drveća kod pošumljavanja, a koristi se u voćarstvu i povrtlarstvu. Osim toga koristi se i u prehrani životinja kao uravnotežen izvor minerala.

Tablica 2. Mineralni sastav Azomite (izvor: <https://www.proeco.hr/>)

MINERALI	OZNAKA	%
Aluminijev oksid	Al ₂ O ₃	11,43%
Barijev oksid	BaO	0,09%
Kalcijev oksid	CaO	3,67%
Ugljik	C	0,61%
Klor	Cl	0,22%
Željezni oksid	Fe ₂ O ₃	1,37%
Vodik	H	0,38%
Magnezijev oksid	MgO	0,37%
Magnezijev dioksid	MgO ₂	0,02%
Dušik	N	0,15%
Kisik	O	0,73%
Fosfor pentoksid	P ₂ O ₅	0,15%
Kalijev oksid	K ₂ O	5,23%
Silicijev oksid	SiO ₂	65,85%
Natrijev oksid	Na ₂ O	2,07%
Titanij dioksid	TiO ₂	0,20%

Ostali elementi: antimon, arsen, berilij, bizmut, bor, brom kadmij, cerij, cesij, krom, kobalt, bakar, dysprozij, erbij, europij, fluor, gadolinij, gerij, germanij, zlato, hafnij, holmij, indij, jod, lantan, olovo, litij, lutecij, živa, molibden, niobij, protaktinij, praseodimij, renij, rodij, rubidij, rutenij, samarij, skandij, selenij, srebro, stroncij, sumpor, tantal, tehnecij, terbij, titanij, torij, turij, kositar, wolfram, uranij, vanadij, iterbij, itrij, cink i cirkonij.

9) Okvašivač

Tekući okvašivač dodaje se u cilju smanjenja površinske napetosti čime se povećava vlaženje biljnih dijelova, kao i za povećanje sposobnosti prijanjanja. Koristi se u kombinaciji sa sredstvima za zaštitu bilja fungicidima, insekticidima i herbicidima te omogućava njihovu bolju apsorpciju. Okvašivači su pomoćne tvari koje se dodaju agrokemikalijama radi povećanja inicijalne efikasnosti, poboljšanja djelovanja i produženja trajanja pesticida i folijarnih gnojiva. Produžuju efektni vijek folijarno apliciranih pesticida i gnojiva, uz istovremeno smanjenje utjecaja prirodnih vremenskih čimbenika. Okvašivači sprječavaju ispiranje zaštitih sredstava na biljci uzrokovano kišom, vodom pri navodnjavanju i fizičkom abrazijom. Imaju bitnu ulogu

kada se primjenjuju s kondicionerima tla, naročito s bijelim i crnim tresetom. Nakon nekog vremena treset postaje vodni repelent, što znači da više nema sposobnost upijanja vode. Okvašivači su tvari na bazi deterdženta i smanjuju površinsku napetost vode te produljuju period vlaženja. Na treset imaju pozitivno djelovanje u smislu da produljuju sposobnost apsorpcije vode.

10) Voda

Voda je neizostavna komponenta i bitan faktor za djelovanje ostalih poboljšivača tla. Održava početno vlaženje, a hidrogelu potiče bubrenje čime se usvaja voda koja je kroz dulji period dostupna biljci.



Slika 13. Kondicioneri tla u kolagenskoj vrećici „Tretman 1“

Tretman 2 sadrži sve nabrojane komponente kao i Tretman 1 osim proizvoda Osmocote, a dodani su mu biostimulatori rasta, tekuće mineralno gnojivo i inokulat mikoriznih gljivica.

1) Biostimulatori rasta

Stimulatori biljnog rasta ili biostimulatori su netoksične tvari uglavnom prirodnog porijekla koji se primjenjuju na biljkama s ciljem ojačavanja tolerancije na abiotički stres i povećanje kvalitete usjeva. Za razliku od gnojiva i hormona, stimulatori biljnog rasta ne narušavaju metaboličke procese u biljci, čime se smanjuje negativna reakcija biljke na stres. Najčešći sastojci biostimulatora su mineralni elementi, huminske tvari, vitamini,

aminokiseline, hitin, hitosan te poli i oligosaharidi. Biostimulatori mogu djelovati izravno na fiziologiju i metabolizam biljke ili na poboljšanje stanja tla. U tlu utječu na mikrofloru i mogu imati pozitivan utjecaj na rast biljaka. U skladu s navedenim, biostimulatori se mogu primijeniti na tlo ili na list biljke, ovisno o njihovom sastavu i željenim rezultatima. Obično se primjenjuju dodatno uz standardnu gnojidbu kako bi se poboljšala iskoristivost primijenjenih hranjivih tvari.

U Tretmanu 2 korišten je tekući biostimulator za ukorjenjivanje (tzv. ukorjenjivač) trgovačkog naziva Floris koji pospješuje zakorjenjivanje biljaka i stimulira rast nakon presadnje.



Slika 14. Biostimulator za ukorjenjivanje

Mikrobiološki biostimulator trgovačkog naziva Ekstrasol koji djeluje na bazi bakterije *Bacillus subtilis*. Sadrži rizosferne bakterije za fiksaciju dušika a koristi se u ratarstvu, povrtlarstvu i vinogradarstvu za poboljšanje usvajanja hranjivih elemenata i povećanje prinosa. Osim toga, pozitivno utječe i na klijanje sjemena, pospješuje razvoj biljaka i ima fungicidno djelovanje.



Slika 15. Mikrobiološki stimulator Ekstrasol

2) Mineralno gnojivo Fitoalgen Plus

Fitoalgen Plus je tekuće mineralno gnojivo s visokom koncentracijom mikrohranjiva. Primjenjuje se folijarno ili putem fertirigacije, a namijenjeno je za prihranu biljaka koje su pod utjecajem stresnih čimbenika (mraz, suša, bolesti i sl.).

Sastav:

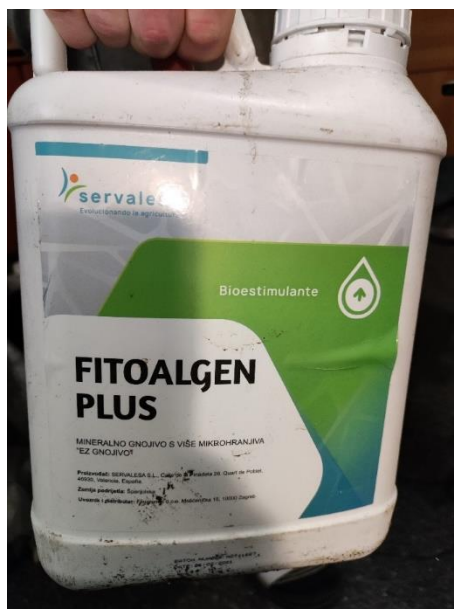
Bor: 0,25%

Željezo: 0,50%

Mangan: 0,70%

Molibden: 0,05%

Cink: 0,5%



Slika 16. Tekuće mineralno gnojivo Fitoalgen Plus

3) Inokulat mikoriznih gljivica MycoApply DR

MycoApply DR je poboljšivač tla koji sadrži mikorizne gljive (*Rhizophagus irregularis*, *Claroideoglossum luteum*, *Claroideoglossum etunicatum*, *Claroideoglossum claroideum*). Mikorizne gljive djeluju stimulirajuće na rast korijenskog sustava povećavajući mu površinu i učinkovitije usvajanje vode i hranjiva. Od ostalih elemenata sadrži cink, bakar, kadmij, olovo, nikal, krom i živu.



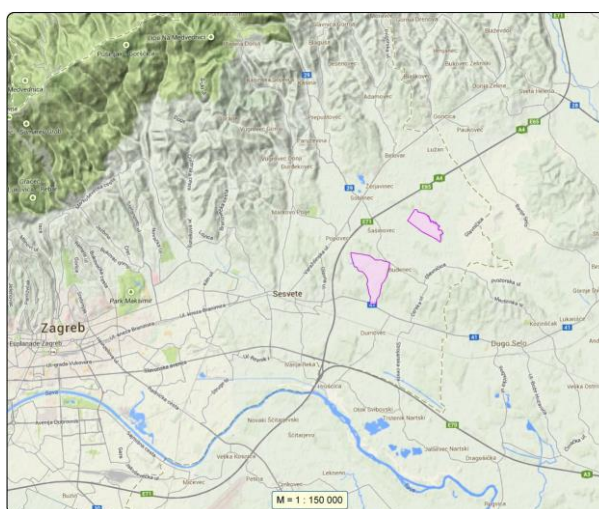
Slika 17. Inokulat mikoriznih gljivica Mycoapply DR



Slika 18. Sastav kolagenske vrećice „Tretman 2“

3.2. Pokusne plohe

Pokusne plohe postavljene su u gospodarskoj jedinici „Dubrava-Mokrice-Šašinovečki lug“ u šumi Šašinovečki lug u odsjeku 16d površine 0,34 ha. Šuma Šašinovečki lug nalazi se između sela Šašinovca i Glavničice, duž desne strane potoka Glavničice najveće zračne dužine 1,7 km u smjeru sjeverozapad - jugoistok i širine od 0,7 km u smjeru jugozapad - sjeveroistok. Teren je ravničast, djelomično izvrgnut plavljenju, s nadmorskom visinom od 117 do 120 m.n.v. Jedinica Mokrice Lug se sastoji od šume Dubrava-Mokrice i Šašinovečki lug.



Slika 19. Položaj g.j. „Dubrava-Mokrice-Šašinovečki lug“ (izvor: PROGRAM ZA GOSPODARENJE ŠUMAMA POSEBNE NAMJENE NASTAVNO POKUSNI ŠUMSKI OBJEKT ZAGREB)

Prije postavljanja pokusa u odsjeku 16d nalazila se stara mješovita sastojina topole, nepotpunog sklopa koja je imala dovršni sjek 2019. godine. Od ostalih vrsta pridolazi običan grab, klen, hrast lužnjak, i crna joha. U sloju grmlja glog i lijeska, a sloj prizemnog rašća čine kupine i razne trave. Tip tla je močvarno glejno tlo – hipoglej. Crna topola kao pionirska, meliorativna vrsta pripremila je stanište za umjetnu obnovu sadnjom sadnica hrasta lužnjaka i običnog graba (Subas. *Carpino betuli - Quercetum roboris typicum* Rauš 1975).

Sadni materijal korišten u pokusu sakupljen je iz šumskog sjemenskog objekta UŠP Koprivnica, Šumarija Đurđevac, g.j. Đurđevačke nizinske šume 10cd, 72acd, 81a. Sjeme hrasta lužnjaka skupljeno je 2018. godine, a sadnice su školovane u rasadniku tri godine prije sadnje na terenu.



Slika 20. Sadnice golog korijena hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) 3+0 prije sadnje na terenu

Pokusne plohe postavljene su u Šašinovečkom lugu u odsjeku 16d sadnjom (11.11.2021.) sadnica golog korijena hrasta lužnjaka 3+0. Ukupno je posađeno 195 sadnica hrasta lužnjaka na tri pokusne plohe. Svaka pokusna ploha imala je 50 sadnica koje su bile dio istraživanja i 15 zamjenskih sadnica čija je namjena bila supstitucija uslijed štete od divljači, mraza, sušenja i sl. Sadnja sadnica vršila se uz pomoć ručnih alata (štihljača, pijuk, lopata) pridržavajući se pravila o sadnji sadnica (dubina sadnje, veličina sadne jame). Razmak sadnica u redu bio je 1 m, a razmak između pokusnih ploha bio je 2 m. Sadnice su posađene u sjeverozapadnom i jugoistočnom smjeru. Prva pokusna ploha je kontrolna ploha gdje su

sadnice posađene bez kondicionera tla te nam služi kao referentna ploha u usporedbi s ostalim plohami koje su tretirane kondicionerima tla. Druga pokusna ploha postavljena je sadnjom sadnica hrasta lužnjaka i umetanjem kondicionera tla na sjevernu stranu sadne jame. Na drugoj pokusnoj plohi testirali smo tip kondicionera tla koje sadrži Tretman 1. Treća pokusna ploha postavljena je sadnjom sadnica hrasta lužnjaka i umetanjem kondicionera tla na sjevernu stranu sadne jame. Na trećoj pokusnoj plohi testirali smo tip kondicionera tla koje sadrži Tretman 2. Prije sadnje na terenu izmjerene su visine sadnica i promjeri korijenovog vrata te je svaka sadnica označena metalnom pločicom na kojoj se nalazi redni broj.



Slika 21. Položaj vrećice od biorazgradivog kolagena s kondicionerima tla i korijena sadnice u sadnoj jami

3.3. Ekološko – pedološki laboratorij Zavoda za ekologiju i uzgajanje šuma na Fakultetu šumarstva i drvne tehnologije

U ekološko – pedološkom laboratoriju provedene su laboratorijske analize sastava Tretmana 1 i Tretmana 2 kako bi utvrdili točan kemijski sastav i količinu makro i mikroelemenata u pojedinom tretmanu. U ovom istraživanju koristila se ekstrakcijska metoda Mehlich-3 koja se koristi za određivanje mobilnih hraniva u tlu. Metoda je provedena na pet uzorka od svakog tretmana. Prije same analize izmjerili smo masu kolagenskih vrećica s tretmanom 1 i tretmanom 2.

3.4. Fenološka motrenja

U istraživanju su provedena fenološka motrenja u prvoj vegetacijskoj godini. Listanje je praćeno na svakoj pokusnoj plohi na 50 sadnica. Praćenje se provodilo u sedam faza svakih sedam dana tijekom vegetacijskog razdoblja listanja (ožujak do lipanj). Opis faza (1-7) preuzet je prema Liesebachovom praćenju listanja bukve (1999).

Faze su sljedeće:

1. Faza mirovanja koju karakteriziraju spavajući pupovi (L1)
2. Pupovi su još uvijek zatvoreni ali produženi (L2)
3. Pupovi se počinju otvarati i vide se prvi začeci zelenih listića (L3)
4. Pojava prvih listića koji se još uvijek većim dijelom nalaze u pupu (L4)
5. Faza formiranja prvih vidljivih listova (L5)
6. Listovi su formirani, ali još uvijek uzdužno savijeni
7. Listovi su potpuno formirani i glatki



Slika 22. Prikaz fenofaza listanja hrasta lužnjaka (izvor: Perić, S., 2001: Šumsko – uzgojna svojstva različitih provenijencija hrasta lužnjaka (*Quercus robur*, L.) u Hrvatskoj. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 169 str.)

Datum sadnje (11.11.2021.) označava nulti dan i uzima se kao početna točka mjerenja i praćenja fenofaza listanja. U 2022. godini registracija lisnih fenofaza hrasta lužnjaka izvršena je sedam puta (27.04., 04.05., 11.05., 18.05., 25.05., 01.06. i 8.06.). Analizom fenoloških motrenja utvrdili smo broj dana potreban do ulaska u završnu lisnu fenofazu L7 svake sadnice. Svakim praćenjem je zabilježeno 150 podataka o listanju na sve tri pokusne plohe. Sveukupno je dobiveno 1050 podataka za svojstvo listanja. Dobiveni podaci analizirani su s obzirom na tretmane i potrebnim brojem dana do ulaska u lisnu fenofazu L7.

3.5. Morfološka mjerenja

3.5.1. Mjerenje visina sadnica i promjera vrata korijena

Podaci o visinama sadnica i promjerima vrata korijena sadnica mjereni su u dva navrata. Prvi mjerenje je bilo u rasadniku Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije „Šumski vrt i arboretum“ prije sadnje sadnica na terenu, a drugo mjerenje je bilo na kraju drugog vegetacijskog razdoblja (rujan 2023.). Visina sadnica izražena je u centimetrima, a mjerena je mjernom letvom s točnošću od 0,1 cm. Promjer vrata korijena izražen je u milimetrima, a mjeran je pomoću pomičnog mjerila s točnošću od 0,01 mm. Prikupljeni podaci o visinama i promjerima korijenovog vrata analizirani su za svaku pokusnu plohu te zatim međusobno uspoređivani.

3.5.2. Koeficijent vitkosti (H/D)

Nakon izmjerenih visina i promjera vrata korijena sadnica izračunat je koeficijent vitkosti koji predstavlja omjer visine sadnice (cm) i promjer korijenovog vrata (mm). Koeficijent vitkosti je utvrđen prije sadnje na terenu i na kraju drugog vegetacijskog razdoblja. Dobiveni podaci međusobno su uspoređivani s obzirom korištene tretmane i pokusne plohe.

3.5.3. Masa svježe i suhe tvari

Masa svježe tvari tj. biomasa sadnice mjerena je na kraju druge vegetacije. Sa svake pokusne plohe uzeto je 15 sadnica, sveukupno 45 sadnica sa tri pokusne plohe. Nakon vađenja sadnica na terenu (13.9.2023.) pristupilo se ispiranju korijena u rasadniku Fakulteta šumarstva i drvne tehnologije „Šumski vrt i arboretum“ kako bi se uklonio višak zemlje. Isti dan u laboratoriju za šumsko sjemenarstvo i rasadničarstvo na Zavodu za ekologiju i uzgajanje šuma izmjerena je masa svježe tvari sadnica. Vinogradarskim škarama u području vrata korijena odvojen je nadzemni dio od podzemnog dijela sadnice tako da smo uz ukupnu biomasu sadnice dobili masu nadzemnog dijela (stabljika i listovi) i podzemnog dijela (korijen) sadnice. Nadzemni dijelovi i korijen narezani su na manje komade tako da stanu u papirnatu vrećicu radi lakšeg mjerenja mase. Mjerenje je obavljeno pomoću precizne vage Kern PLS 4200 – 2F s mogućnošću očitavanja 0,01 gram.

Kada je obavljeno mjerenje mase svježe tvari uzorci su ostavljeni u laboratoriju na prosušivanju na sobnoj temperaturi iduća dva tjedna. Nakon dva tjedna (27.9.2023.) uzorci su stavljeni na sušenje 48 sati na 68°C u sušaru kako bi dobili masu suhe tvari. Korištena je laboratorijska pećnica za sušenje trgovačkog naziva „Binder“ njemačke tvrtke Binder GmbH. Nakon 48 sati sušenja uzoraka na 68°C izmjerena je masa suhe tvari.

3.5.4. Dicksonov indeks kvalitete (DQI)

S izmjerenim podacima vezanim za visinu, promjer vrata korijena, ukupnu biomasu, masu nadzemnog dijela i masu podzemnog dijela sadnice odredili smo Dicksonov indeks kvalitete. Uvrštavanjem navedenih parametra u formulu dobili smo vrijednosti prema kojima određujemo kvalitetu sadnica za svaku pokusnu plohu. DQI smo izračunali sa masom svježe tvari i sa masom suhe tvari kako bi usporedili razlike. U pravilu se radi izračun samo sa masom suhe tvari.

3.6. Fiziološka mjerenja

3.6.1. Indeks relativnog sadržaja klorofila (CCI) u lišću

Izmjera indeksa relativnog sadržaja klorofila u lišću vršena je u ljeto 2022. godine, prijenosnim, optičkim klorofilmetrom na terenu. Na svakoj pokusnoj plohi indeks je mjeren na 20 sadnica, sveukupno 60 sadnica na tri pokusne plohe. Mjerenja su vršena na pet razvijenih listova, od najmlađeg vršnog lista prema starijim listovima koji niže pozicionirani, a svaki list je mjeren na tri različita mjesta. Ukupno je prikupljeno 900 izmjerenih vrijednosti indeksa relativnog sadržaja klorofila na tri pokusne plohe.



Slika 23. Prikaz mjerenja indeksa relativnog sadržaja klorofila u lišću klorofilmetrom CCM 200

3.6.2. Mjerenje fluorescencije klorofila

Mjerenje fluorescencije klorofila vršeno je u ljeto 2022. godine pomoću prijenosnog uređaja FluorPen FP100 na terenu. Na svakoj pokusnoj plohi mjereno je 20 sadnica, sveukupno 60 sadnica na tri pokusne plohe. Fluorescencija klorofila mjerena je na tri lista na svakoj sadnici. Ukupno je prikupljeno 180 izmjerenih vrijednosti fluorescencije klorofila na tri pokusne plohe.



Slika 24. Prikaz mjerenja fluorescencije klorofila mjernim uređajem FluorPen FP100

3.7. Preživljavanje sadnica

Preživljavanje sadnica utvrđivano je ukupno 3 puta (27.4.2022, 29.7.2022. i 12.9.2023.) i podijeljeno je u 4 klase:

- A – živa/neoštećena
- B – živa/oštećen vršni pup (divljač)
- C – živa/oštećen vršni izbojak (divljač)
- D – mrtva

Podaci dobiveni istraživanjem, mjerenjima i analizama statistički su obrađeni u Excelu i programu Statistica 8.0.

4. Rezultati

4.1. Laboratorijska analiza uzorka

Prije samog početka laboratorijskih istraživanja izmjerili smo masu 5 uzoraka od svakog tretmana. Prosječna masa kolagenske vrećice s tretmanom 1 iznosila je 193,42 g, a prosječna masa kolagenske vrećice s tretmanom 2 iznosila je 224,52 g.

Za laboratorijsku analizu uzorka korištena je ekstrakcijska metoda Mehlich-3 za određivanje mobilnih hraniva u tlu.

Tablica 3. Udio mobilnih hraniva u uzorcima prema ekstrakcijskoj metodi Mehlich-3

Uzorak	pH _{H2O}	pH _{CaCl2}	C	N	C/N	P	K	S	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Na
			(%)	%		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
1	6,47	6,31	10,69	1,24	8,6	3176	9515	5242	n.d.	1014	300	158	91,3	21,1	19,5	1323
2	6,41	6,09	11,55	1,35	8,6	4035	n.d.	6033	n.d.	1106	n.d.	n.d.	89,6	21,4	21,2	n.d.
3	6,38	6,15	11,42	1,27	9,0	3864	9736	6000	n.d.	1114	292	195	107	23,5	26,7	1419
4	6,4	6,27	10,66	1,14	9,4	4295	9835	6367	n.d.	1113	353	196	79,1	20,0	23,5	1308
5	6,38	6,18	11,10	1,14	9,7	3366	8370	5301	n.d.	1019	324	170	74,4	18,1	18,8	1314
Sred. vrijed.	6,41	6,2	11,08	1,23	9,0	3747	9364	5789		1073	317	180	88,4	20,8	21,9	1341
A	8,25	7,2	11,23	0,60	18,8	420	2524	244	n.d.	768	154	163	73,5	2,78	14,9	1263
B	8,25	7,16	11,63	0,68	17,0	733	2836	427	n.d.	857	185	180	79,9	4,84	16,7	1293
C	8,15	7,1	12,92	0,71	18,2	741	2993	518	n.d.	845	177	178	72,1	3,23	16,7	1375
D	8,04	7,09	13,65	0,71	19,1	664	2909	324	n.d.	894	198	194	86,3	2,89	18,9	1552
E	8,29	7,14	12,83	0,70	18,4	597	2812	312	n.d.	849	182	178	86,1	2,77	16,8	1380
Sred. vrijed.	8,20	7,14	12,45	0,68	18,3	631	2815	365		842	179	179	79,6	3,30	16,8	1373

Uzorci pod rednim brojevima 1, 2, 3, 4 i 5 odnose se na tretman 1, a uzorci pod slovom A, B, C, D, E odnose se na tretman 2. Prosječna vrijednost pH_{H2O} za tretman 1 iznosi 6,41, a za tretman 2 8,2, pH_{CaCl2} za tretman 1 je iznosi 6,20, a za tretman 2 7,14. Srednja vrijednost C i N u tretmanu 1 iznosi 11,08%, a u tretmanu 2 12,45%. Postotni udio N u tretmanu 1 je 1,23, a u tretmanu 2 0,68. Prosječni odnos C/N je u tretmanu 2 veći i iznosi 18,3, a u tretmanu 1 9,0. Tretman 1 prosječno sadrži 3747 mg/kg P, a tretman 2 631 mg/kg. Tretman 1 prosječno sadrži 9364 mg/kg K, a tretman 2 2815 mg/kg. Tretman 1 prosječno sadrži 5789 mg/kg S, a tretman 2 365. Tretman 1 prosječno sadrži 1073 mg/kg Mg, a tretman 2 842 mg/kg. Tretman 1 prosječno sadrži 317 Fe, a tretman 2 179 mg/kg. Tretman 1 prosječno sadrži 180 mg/kg Mn, a tretman 2 179 mg/kg. Tretman 1 prosječno sadrži 88,40 mg/kg Zn, a tretman 2 79,60 mg/kg. Tretman 1 prosječno sadrži 20,80 mg/kg Cu, a tretman 2 3,30 mg/kg. Tretman 1 prosječno sadrži 21,9 mg/kg B, a tretman 2 16,8 mg/kg. Tretman 1 prosječno sadrži 1341 mg/kg Na, a tretman 2 1373 mg/kg.

4.2. Fenofaze listanja

Tablica 4. Deskriptivna statistika fenologije listanja h. lužnjaka (do faze L7) s obzirom na tretmane

Effect	Descriptive Statistics (Spreadsheet1)						
	Level of Factor	N	Broj dana za ulazak u fenofazu L7 Mean	Broj dana za ulazak u fenofazu L7 Std.Dev.	Broj dana za ulazak u fenofazu L7 Std.Err	Broj dana za ulazak u fenofazu L7 -95,00%	Broj dana za ulazak u fenofazu L7 +95,00%
Total		122	203,7787	8,275736	0,749250	202,2954	205,2620
Tretmani	Kontrola	38	202,7368	9,319216	1,511777	199,6737	205,8000
Tretmani	Tretman 1	42	202,8333	9,172910	1,415411	199,9749	205,6918
Tretmani	Tretman 2	42	205,6667	5,833740	0,900166	203,8487	207,4846

Sadnicama iz kontrole bilo je potrebno prosječno 203 dana do lisne fenofaze L7, sadnicama iz tretmana 1 bilo je potrebno prosječno 202 dana do lisne fenofaze L7, a sadnicama iz tretmana 2 bilo je potrebno prosječno 205 dana do lisne fenofaze L7.

Tablica 5. Analiza varijance za fenologiju listanja

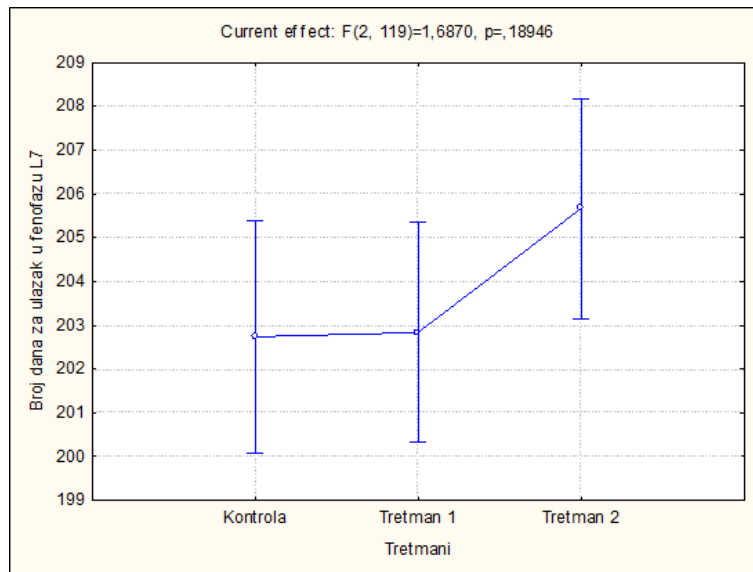
Effect	Univariate Tests of Significance for Broj dana za ulazak u fenofazu L7 (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5053240	1	5053240	74620,95	0,000000
Tretmani	228	2	114	1,69	0,189461
Error	8059	119	68		

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između kontrole, tretmana 1 i tretmana 2 ($F=1,69$ i $p=0,189461$).

Tablica 6. Tukeyev HSD test za fenologiju listanja

Cell No.	Tukey HSD test; variable Broj dana za ulazak u fenofazu L7 (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 67,719, df = 119,00			
	Tretmani	{1}	{2}	{3}
1	Kontrola	202,74	202,83	205,67
2	Tretman 1	0,998570		0,253918
3	Tretman 2	0,253918	0,259305	

Tukeyev HSD test ne pokazuje statistički značajnu razliku između tretmana i broja dana za ulazak u lisnu fenofazu L7.



Graf 1. Broj dana za ulazak u fenofazu L7 s obzirom na tretmane

4.3. Morfološke značajke

4.3.1. Visina i promjer vrata korijena

Tablica 7. Deskriptivna statistika visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) prije sadnje i nakon dvije vegetacije

Varijabla	Tretmani	N	Prosjek	Medijan	Minimum	Maksimum	Varijanca	Std.Dev.	Koef. Var	Standard
H1 (cm)	Kontrola	50	70,5	68,0	51,0	92,0	87,5	9,4	13,3	1,3
D1 (mm)		50	8,05	7,65	5,17	11,80	2,82	1,68	20,87	0,24
H2 (cm)		25	73,8	71,5	52,6	144,7	347,2	18,6	25,2	3,7
D2 (mm)		25	10,64	10,10	7,96	16,81	3,81	1,95	18,35	0,39
H1 (cm)	Tretman 1	50	70,8	70,5	51,0	84,0	68,7	8,3	11,7	1,2
D1 (mm)		50	8,08	7,96	5,58	12,41	1,79	1,34	16,58	0,19
H2 (cm)		26	68,4	69,7	44,3	93,1	130,8	11,4	16,7	2,2
D2 (mm)		26	10,07	10,07	6,46	13,11	2,81	1,68	16,64	0,33
H1 (cm)	Tretman 2	50	74,8	74,0	56,0	92,0	65,1	8,1	10,8	1,1
D1 (mm)		50	8,64	8,24	6,15	11,95	2,19	1,48	17,14	0,21
H2 (cm)		25	75,0	78,3	47,9	91,2	125,1	11,2	14,9	2,2
D2 (mm)		25	11,02	10,66	8,14	14,84	3,32	1,82	16,53	0,36

Prosječna visina sadnica određenih za sadnju na kontrolnoj plohi prije sadnje iznosila je 70,5 cm, a promjer korijenovog vrata 8,05 mm. Prosječna visina sadnica na kontrolnoj plohi nakon dvije vegetacije iznosila je 73,8 cm, a promjer vrata korijena 10,64 mm.

Prosječna visina sadnica određenih za sadnju na pokusnoj plohi tretmana 1 prije sadnje iznosila je 70,8 cm, a promjer korijenovog vrata 8,08 mm. Prosječna visina sadnica na pokusnoj

plohi tretmana 1 nakon dvije vegetacije iznosila je 68,4 cm, a promjer korijenovog vrata 10,07 mm.

Prosječna visina sadnica određenih za sadnju na pokusnoj plohi tretmana 2 prije sadnje iznosila je 74,8 cm, a promjer korijenovog vrata 8,64 mm. Prosječna visina sadnica na pokusnoj plohi tretmana 2 nakon dvije vegetacije iznosila je 75,0 cm, a promjer korijenovog vrata 11,02 mm.

Tablica 8. Analiza varijance za visinu sadnica (cm) hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) prije sadnje i nakon dvije vegetacije

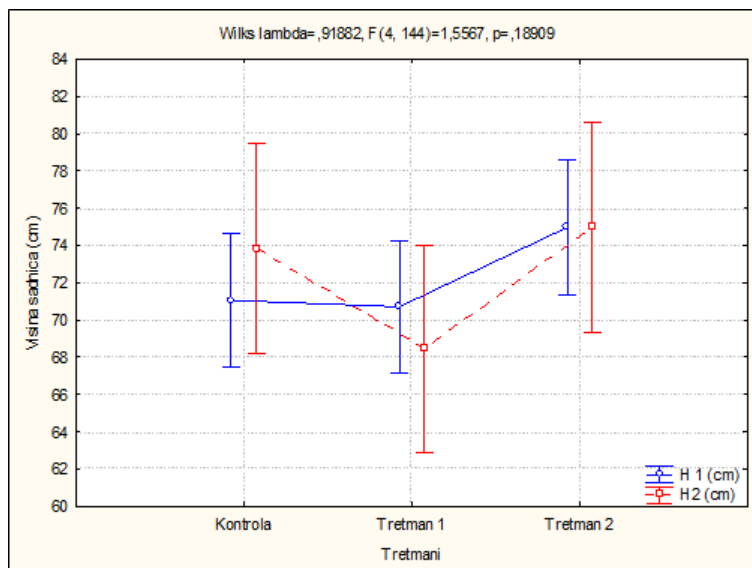
Multivariate Tests of Significance (visine promjeri h d) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	Test	Value	F	Effect df	Error df	p
Intercept	Wilks	0,014807	2395,214	2	72	0,000000
Tretmani	Wilks	0,918822	1,557	4	144	0,189092

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između visine sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) prije sadnje i nakon dvije vegetacije u tretmanima ($F=1,557$; $p=0,189092$).

Tablica 9. Tukeyev HSD test za visinu sadnica (cm) hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) prije sadnje i nakon dvije vegetacije

Tukey HSD test; variable H 1 (cm) (visine promjeri h d) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 81,685, df = 73,000				
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}
1	Kontrola	71,060	70,712	74,980
2	Tretman 1	0,989697	0,989697	0,217468
3	Tretman 2	0,281492	0,217468	

Tukeyev HSD test ne pokazuje statistički značajnu razliku između visine sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) prije sadnje i nakon dvije vegetacije u tretmanima.

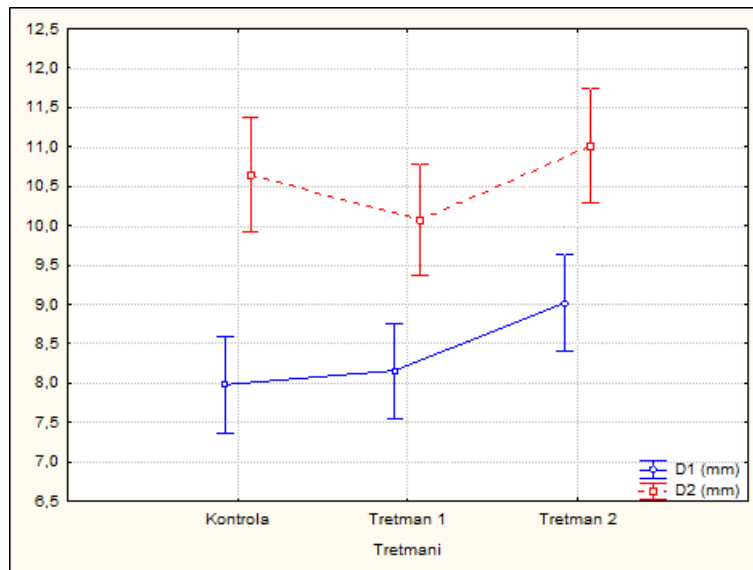


Graf 2. Visina sadnica (cm) prije sadnje i nakon dvije vegetacije s obzirom na tretmane

Tablica 10. Analiza varijance za promjer korijena vrata sadnica prije sadnje i nakon dvije vegetacije

Multivariate Tests of Significance (visine promjeri h d) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	Test	Value	F	Effect df	Error df	p
Intercept	Wilks	0,025660	1366,945	2	72	0,000000
Tretmani	Wilks	0,861362	2,789	4	144	0,028673

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika između promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) prije sadnje i nakon dvije vegetacije (F=2,789; p=0,028673).



Graf 3. Promjer vrata korijena prije sadnje i nakon dvije vegetacije

Tablica 11. Analiza varijance za promjer vrata korijena (D2)

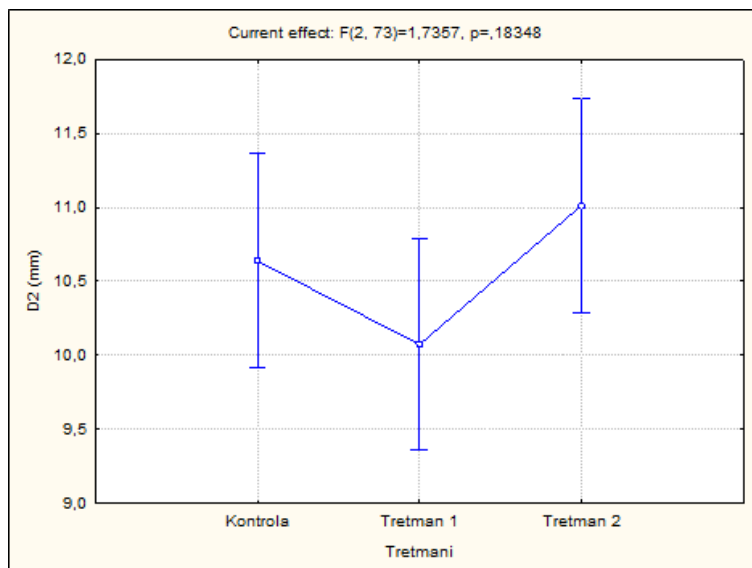
Univariate Tests of Significance for D2 (mm) (visine promjeri h d) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	8497,747	1	8497,747	2570,935	0,000000
Tretmani	11,474	2	5,737	1,736	0,183480
Error	241,288	73	3,305		

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između promjera vrata korijena u tretmanima ($F=1,736$; $p=0,183480$).

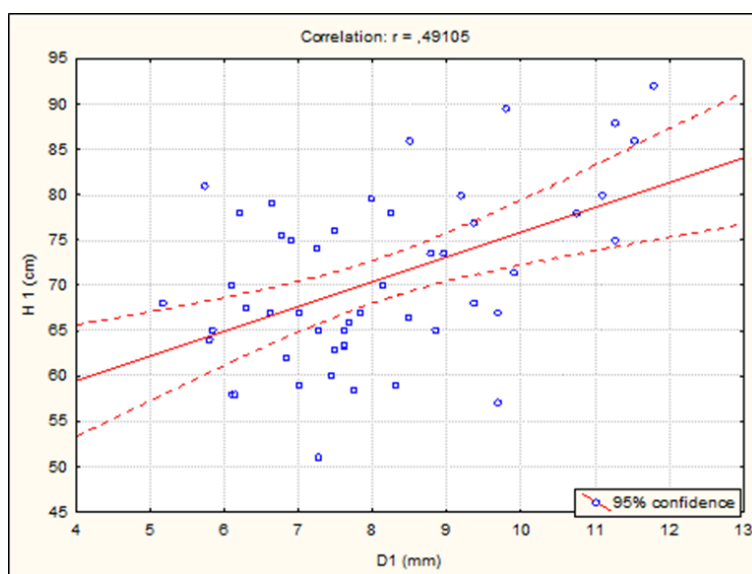
Tablica 12. Tukeyev HSD test promjer vrata korijena (D2)

Tukey HSD test; variable D2 (mm) (visine promjeri h d) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 3,3053, df = 73,000				
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}
1	Kontrola	10,639	10,074	11,015
2	Tretman 1	0,511495		0,161341
3	Tretman 2	0,745432	0,161341	

Tukeyev HSD test ne pokazuje statistički značajnu razliku između tretmana i promjera vrata korijena.

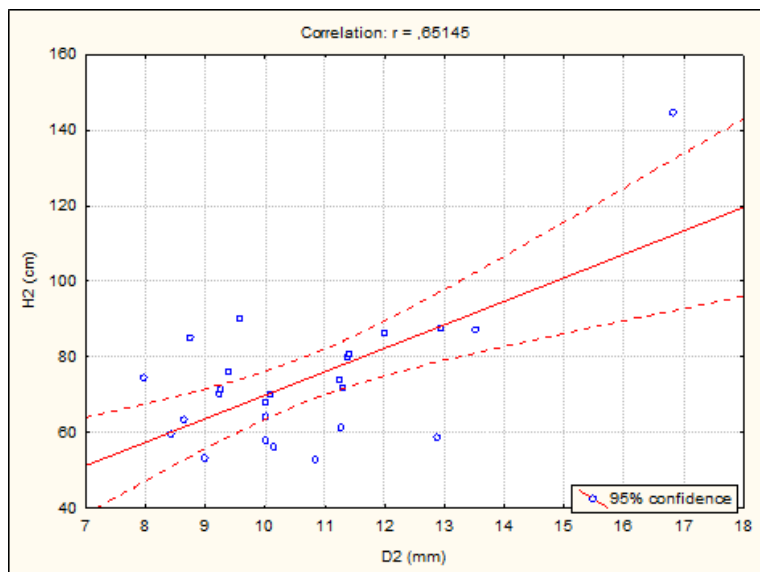


Graf 4. Promjer vrata korijena (D2) s obzirom na tretmane



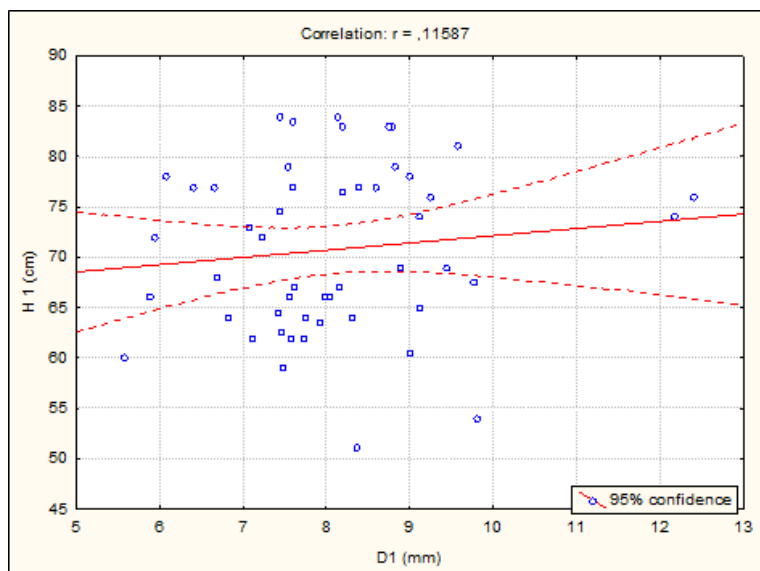
Graf 5. Korelacije početnih visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (kontrola)

Utvrđena je pozitivna i značajna korelacija ($r=0,49$) početnih visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.).



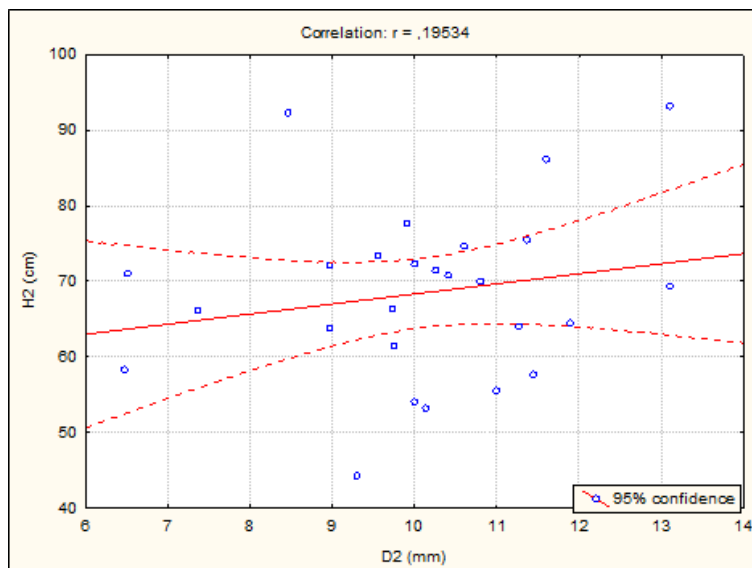
Graf 6. Korelacije visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka nakon dvije vegetacije (kontrola)

Utvrđena je pozitivna i jaka korelacija ($r=0,65$) visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) nakon dvije vegetacije.



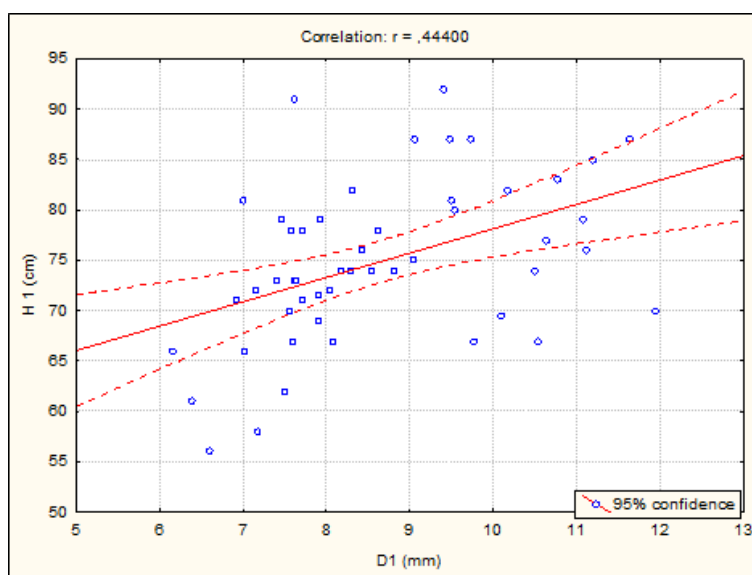
Graf 7. Korelacije početnih visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (tretman 1)

Utvrđena je pozitivna i jako slaba korelacija ($r=0,11$) početnih visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.).



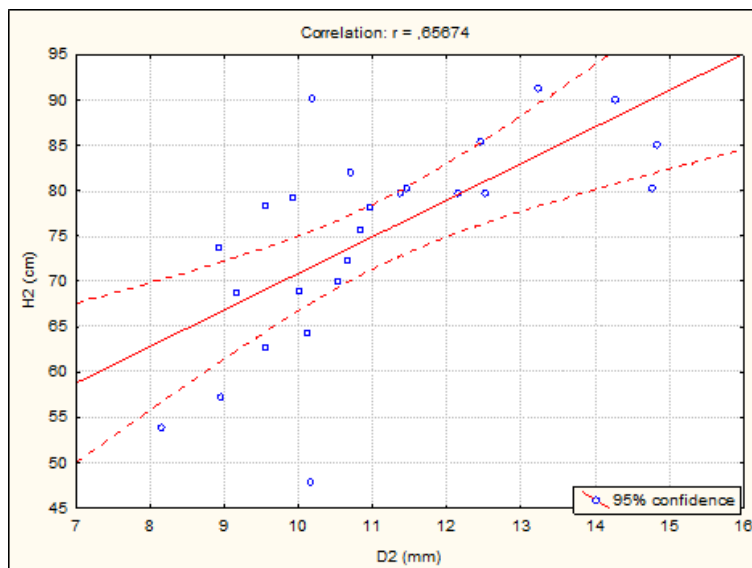
Graf 8. Korelacije visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka nakon dvije vegetacije (tretman 1)

Utvrđena je pozitivna i jako slaba korelacija ($r=0,19$) visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) nakon dvije vegetacije.



Graf 9. Korelacije početnih visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (tretman 2)

Utvrđena je pozitivna i značajna korelacija ($r=0,44$) početnih visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)



Graf 10. Korelacije visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka nakon dvije vegetacije (tretman 2)

Utvrđena je pozitivna i jaka korelacija ($r=65$) visina i promjera vrata korijena sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) nakon dvije vegetacije.

4.3.2. Koeficijent vitkosti

Tablica 13. Deskriptivna statistika visina, promjera vrata korijena i koeficijenta vitkosti sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) nakon dvije vegetacije

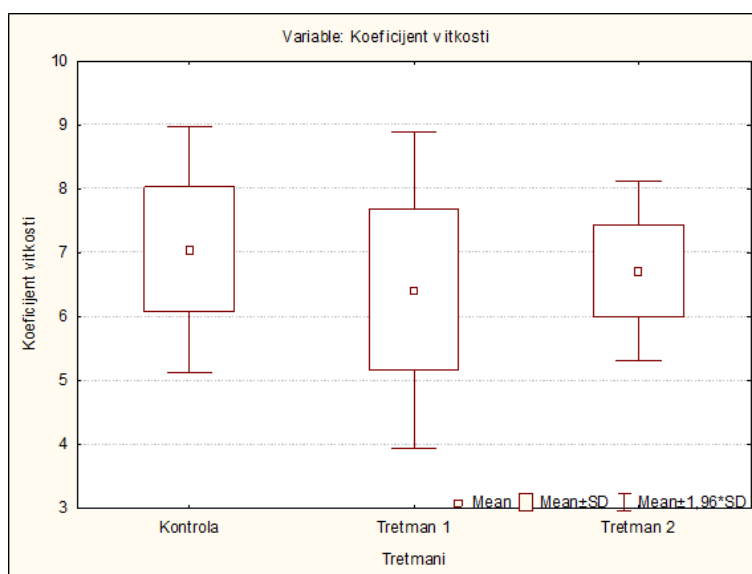
Varijable	Tretmani	N	Prosjek	Medijan	Minimum	Maksimum	Varijanca	Std.Dev.	Koef. Var	Standard
Visina, H (cm)	Kontrola	15	72,7	73,9	58,1	87,5	86,1	9,3	12,8	2,4
Promjer vrata korijena, D (mm)			10,44	10,00	7,96	13,51	2,79	1,67	15,99	0,43
Koeficijent vitkosti, H/D			7,05	7,09	5,43	9,35	0,96	0,98	13,87	0,25
Visina, H (cm)	Tretman 1	15	64,6	64,0	42,5	93,1	127,4	11,3	17,5	2,9
Promjer vrata korijena, D (mm)			10,31	11,00	6,46	13,11	4,28	2,07	20,07	0,53
Koeficijent vitkosti, H/D			6,42	5,99	5,03	9,02	1,59	1,26	19,64	0,33
Visina, H (cm)	Tretman 2	15	74,8	75,6	53,9	86,5	89,9	9,5	12,7	2,4
Promjer vrata korijena, D (mm)			11,24	10,95	8,10	14,80	3,48	1,87	16,61	0,48
Koeficijent vitkosti, H/D			6,72	6,65	5,44	8,19	0,51	0,71	10,62	0,18

Prosječni koeficijent vitkosti sadnica nakon dvije vegetacije iznosio je na kontrolnoj plohi 7,05, na plohi tretmana 1 6,42 te na plohi tretmana 2 6,72.

Tablica 14. Kruskal-Wallis ANOVA test koeficijenta vitkosti s obzirom na tretmane

Multiple Comparisons p values (2-tailed); Koeficijent vitkosti (Masa svježe tvari i DQI Hubak)			
Independent (grouping) variable: Tretmani			
Kruskal-Wallis test: $H(2, N=45) = 3,933527$ $p = ,1399$			
Depend.:	Kontrola	Tretman 1	Tretman 2
Koeficijent vitkosti	R:28,000	R:18,533	R:22,467
Kontrola		0,145167	0,745771
Tretman 1	0,145167		1,000000
Tretman 2	0,745771	1,000000	

Prema Kruskal-Wallis testu nisu utvrđene statistički značajne razlike između koeficijenta vitkosti s obzirom na različite tretmane nakon dvije vegetacije.



Graf 11. Koeficijent vitkosti s obzirom na tretmane nakon dvije vegetacije

4.3.3. Masa svježe tvari

Tablica 15. Deskriptivna statistika mase stabljike, mase korijena, ukupne biomase sadnica i omjera mase stabljike i mase korijena nakon dvije vegetacije

Varijable	Tretmani	N	Prosjek	Medijan	Minimum	Maksimum	Varijanca	Std.Dev.	Koef. Var	Standard
Masa stabljike (g)	Kontrola	15	24,94	22,54	15,40	43,10	70,47	8,39	33,65	2,17
Masa korijena (g)			30,00	28,21	8,91	55,73	161,22	12,70	42,33	3,28
Ukupna biomasa sadnice (g)			54,94	46,27	31,74	96,55	397,50	19,94	36,29	5,15
Masa stabljike/Masa korijena			0,98	0,77	0,62	2,72	0,37	0,61	62,24	0,16
Masa stabljike (g)	Tretman 1	15	21,07	20,49	8,43	42,38	106,29	10,31	48,93	2,66
Masa korijena (g)			25,43	22,64	6,41	59,05	213,51	14,61	57,45	3,77
Ukupna biomasa sadnice (g)			46,51	38,14	15,55	101,43	597,54	24,44	52,56	6,31
Masa stabljike/Masa korijena			0,91	0,78	0,66	1,49	0,07	0,26	28,51	0,07
Masa stabljike (g)	Tretman 2	15	25,64	24,43	9,86	54,43	132,24	11,50	44,84	2,97
Masa korijena (g)			33,97	33,25	6,99	93,04	445,09	21,10	62,10	5,45
Ukupna biomasa sadnice (g)			59,61	56,52	16,85	147,47	997,06	31,58	52,97	8,15
Masa stabljike/Masa korijena			0,90	0,74	0,55	2,01	0,17	0,41	45,39	0,11

Na kontrolnoj plohi prosječna masa stabljike je 24,94 g, korijena 30,00 g, a ukupna biomasa 54,94 g. Prosječni omjer mase stabljike i mase korijena je 0,98.

Na pokusnoj plohi tretmana 1 prosječna masa stabljike je 21,07 g, korijena 25,43 g, a ukupna biomasa 46,51 g. Prosječni omjer mase stabljike i mase korijena je 0,91.

Na pokusnoj plohi tretmana 2 prosječna masa stabljike je 25,64 g, korijena 33,97, a ukupna biomasa je 59,61 g. Prosječni omjer mase stabljike i mase korijena je 0,90.

Tablica 16. Analiza varijance za masu stabljike

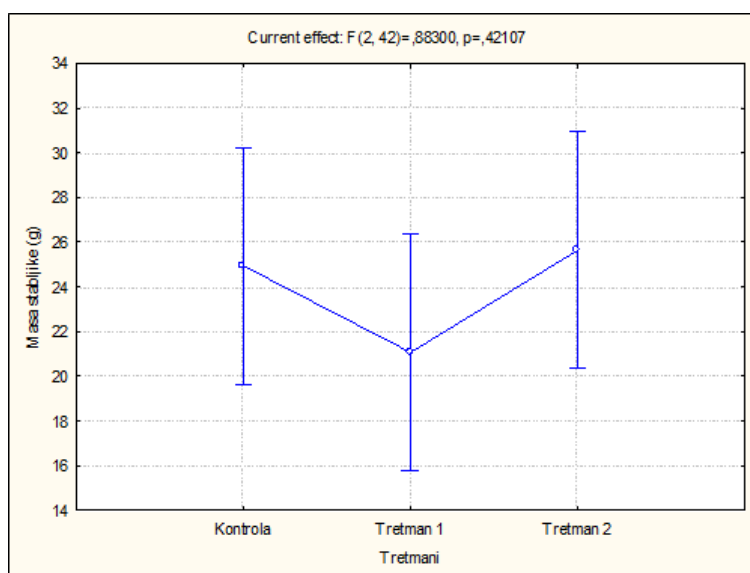
Univariate Tests of Significance for Masa stabljike (g) (Masa svježe tvari i DQI Hubak)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	25675,30	1	25675,30	249,2834	0,000000
Tretmani	181,89	2	90,95	0,8830	0,421075
Error	4325,85	42	103,00		

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između mase stabljike u tretmanima ($F=0,8830$; $p=0,421075$).

Tablica 17. Tukeyev HSD test za masu stabljike

Tukey HSD test; variable Masa stabljike (g) (Masa svježe tvari i DQI Hubak)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = 103,00, df = 42,000				
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}
1	Kontrola	24,944	21,072	25,643
2	Tretman 1	0,553249		0,440477
3	Tretman 2	0,980644	0,440477	

Tukeyev HSD test ne pokazuje statistički značajnu razliku između tretmana i mase stabljike.



Graf 12. Masa stabljike s obzirom na tretmane

Tablica 18. Analiza varijance za masu korijena

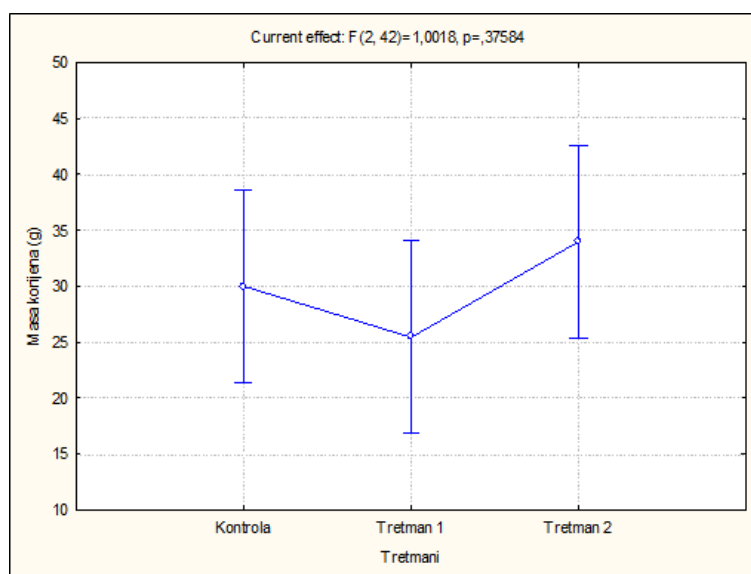
Univariate Tests of Significance for Masa korijena (g) (Masa svježe tvari i DQI Hubak)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	39964,18	1	39964,18	146,2419	0,000000
Tretmani	547,51	2	273,76	1,0018	0,375835
Error	11477,53	42	273,27		

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između mase korijena u tretmanima ($F=1,0018$; $p=0,375835$).

Tablica 19. Tukeyev HSD test za masu korijena

Tukey HSD test; variable Masa korijena (g) (Masa svježe tvari i DQI Hubak)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = 273,27, df = 42,000				
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}
1	Kontrola	29,997	25,434	33,971
2	Tretman 1	0,731783		0,342907
3	Tretman 2	0,788771	0,342907	

Tukeyev HSD test ne pokazuje statistički značajnu razliku između tretmana i mase korijena.



Graf 13. Masa korijena s obzirom na tretmane

Tablica 20. Analiza varijance za ukupnu biomasu sadnice

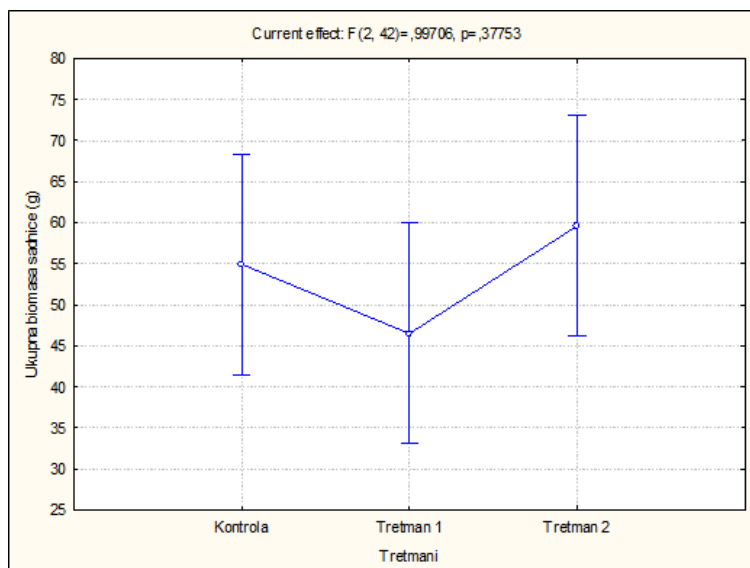
Univariate Tests of Significance for Ukupna biomasa sadnice (g) (Masa svježe tvari i DQI Hubak)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	129704,8	1	129704,8	195,3299	0,000000
Tretmani	1324,2	2	662,1	0,9971	0,377525
Error	27889,2	42	664,0		

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između ukupne biomase sadnice u tretmanima ($F=0,9971$; $p=0,377525$).

Tablica 21. Tukeyev HSD test za ukupnu biomasu sadnice

Tukey HSD test; variable Ukupna biomasa sadnice (g) (Masa svježe tvari i DQI Hubak)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = 664,03, df = 42,000				
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}
		54,941	46,506	59,615
1	Kontrola		0,645575	0,873358
2	Tretman 1	0,645575		0,353685
3	Tretman 2	0,873358	0,353685	

Tukeyev HSD test ne pokazuje statistički značajnu razliku između tretmana i ukupne biomase sadnice.



Graf 14. Ukupna biomasa sadnice s obzirom na tretmane

Tablica 22. Analiza varijance za omjer mase stabljike i mase korijena

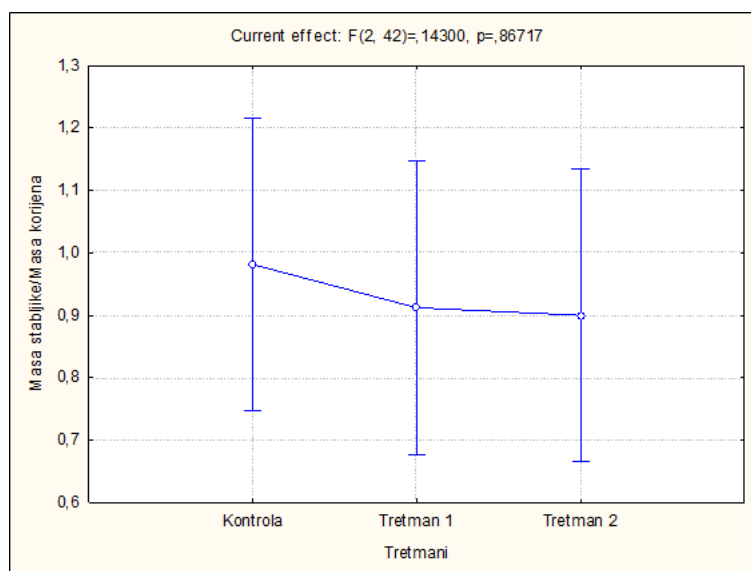
Univariate Tests of Significance for Masa stabljike/Masa korijena (Masa svježe tvari i DQI Hubak) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	39,01610	1	39,01610	192,6514	0,000000
Tretmani	0,05792	2	0,02896	0,1430	0,867175
Error	8,50591	42	0,20252		

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između omjera mase stabljike i mase korijena u tretmanima ($F=0,1430$; $p=0,867175$).

Tablica 23. Tukeyev HSD test za omjer mase stabljike i mase korijena

Tukey HSD test; variable Masa stabljike/Masa korijena (Masa svježe tvari i DQI Hubak) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,20252, df = 42,000				
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}
1	Kontrola	,98139	,91211	,89992
2	Tretman 1	0,906971		0,873786
3	Tretman 2	0,873786	0,997047	

Tukeyev HSD test ne pokazuje statistički značajnu razliku između tretmana i omjera mase stabljike i mase korijena.



Graf 15. Masa stabljike i masa korijena s obzirom na tretmane

4.3.4. Masa suhe tvari

Tablica 24. Deskriptivna statistika mase stabljike, mase korijena, ukupne biomase i omjera mase stabljike i mase korijena nakon 48 sati sušenja na 68°C

Varijable	Tretmani	N	Prosjeak	Medijan	Minimum	Maksimum	Varijanca	Std.Dev.	Koef. Var	Standard
Masa stabljike (g)	Kontrola	15	16,70	15,11	10,42	27,59	27,67	5,26	31,49	1,36
Masa korijena (g)			17,51	17,17	5,88	30,73	47,21	6,87	39,23	1,77
Ukupna biomasa sadnice (g)			34,22	30,81	20,88	57,55	127,22	11,28	32,96	2,91
Masa stabljike/Masa korijena			1,11	0,91	0,67	2,85	0,42	0,65	58,52	0,17
Masa stabljike (g)	Tretman 1	15	14,22	13,78	6,12	28,50	47,61	6,90	48,51	1,78
Masa korijena (g)			15,25	14,20	3,49	35,48	74,24	8,62	56,50	2,22
Ukupna biomasa sadnice (g)			29,47	24,30	9,85	63,98	232,48	15,25	51,73	3,94
Masa stabljike/Masa korijena			1,03	0,88	0,71	1,82	0,09	0,30	29,41	0,08
Masa stabljike (g)	Tretman 2	15	17,30	17,57	6,96	36,63	55,03	7,42	42,88	1,92
Masa korijena (g)			21,33	19,39	4,84	58,07	171,80	13,11	61,45	3,38
Ukupna biomasa sadnice (g)			38,63	34,81	11,91	94,70	394,43	19,86	51,41	5,13
Masa stabljike/Masa korijena			0,97	0,80	0,58	2,13	0,19	0,44	45,00	0,11

Na kontrolnoj plohi prosječna masa stabljike nakon sušenja je 16,70 g, masa korijena je 17,51 g, a ukupna biomasa sadnice je 34,22 g. Prosječni omjer mase sadnice i mase korijena je 1,11.

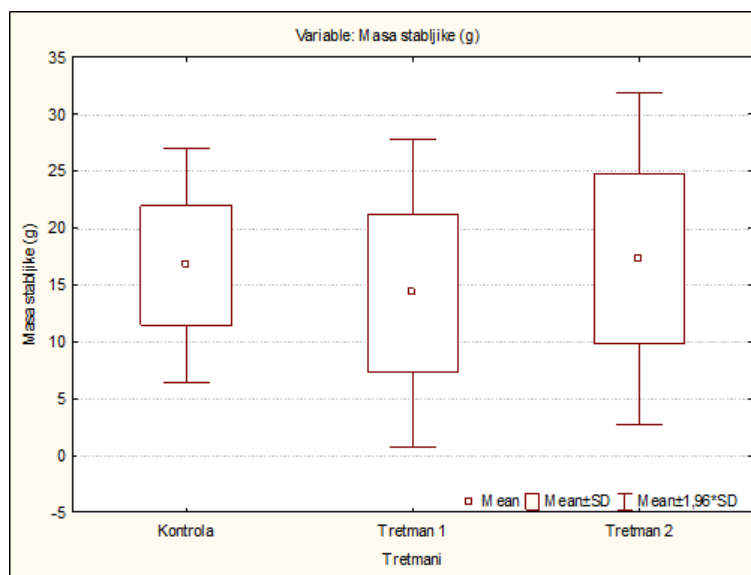
Na pokusnoj plohi tretmana 1 prosječna masa stabljike je 14,22 g, masa korijena je 15,25 g, a ukupna biomasa sadnice je 29,47 g. Prosječni omjer mase sadnice i mase korijena je 1,03.

Na pokusnoj plohi tretmana 2 prosječna masa stabljike je 17,30 g, masa korijena 21,33 g, a ukupna biomasa je 38,63 g. Prosječni omjer mase sadnice i mase korijena je 0,97.

Tablica 25. Kruskal-Wallis ANOVA test mase stabljike s obzirom na tretmane

Multiple Comparisons p values (2-tailed); Masa stabljike (g) (Masa suhe tvari_Hubak)			
Independent (grouping) variable: Tretmani			
Kruskal-Wallis test: H (2, N= 45) =2,061449 p =,3567			
Depend.: Masa stabljike (g)	Kontrola R:24,467	Tretman 1 R:19,067	Tretman 2 R:25,467
Kontrola		0,780525	1,000000
Tretman 1	0,780525		0,546128
Tretman 2	1,000000	0,546128	

Prema Kruskal-Wallis testu nisu utvrđene statistički značajne razlike u masi stabljike s obzirom na tretmane.



Graf 16. Masa stabljike s obzirom na tretmane

Tablica 26. Analiza varijance za masa korijena

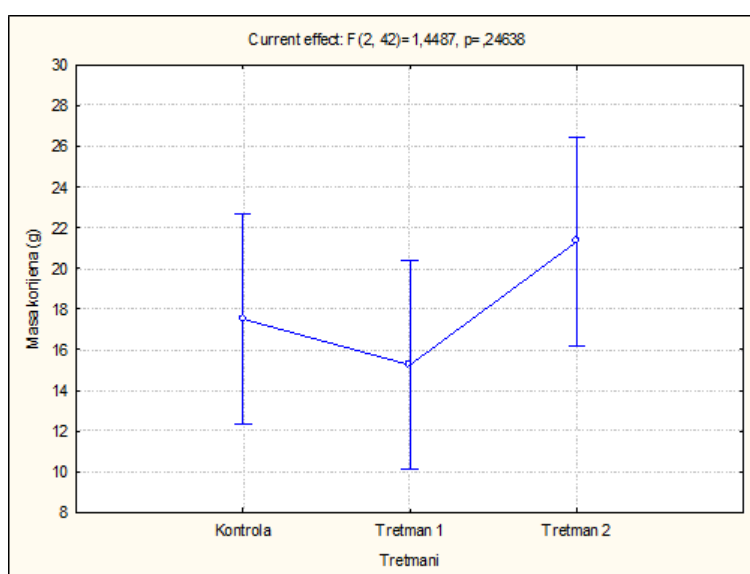
Univariate Tests of Significance for Masa korijena (g) (Masa suhe tvari_Hubak)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	14629,00	1	14629,00	149,6569	0,000000
Tretmani	283,21	2	141,61	1,4487	0,246380
Error	4105,51	42	97,75		

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između mase korijena u tretmanima (F=1,4487; p=0,246380).

Tablica 27. Tukeyev HSD test za masu korijena

Tukey HSD test; variable Masa korijena (g) (Masa suhe tvari_Hubak)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = 97,750, df = 42,000				
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}
1	Kontrola	17,513	0,806302	0,545762
2	Tretman 1	0,806302	15,249	0,223284
3	Tretman 2	0,545762	0,223284	21,329

Tukeyev HSD test ne pokazuje statistički značajnu razliku između tretmana mase korijena.



Graf 17. Masa korijena s obzirom na tretmane

Tablica 28. Analiza varijance za ukupnu biomasu sadnice

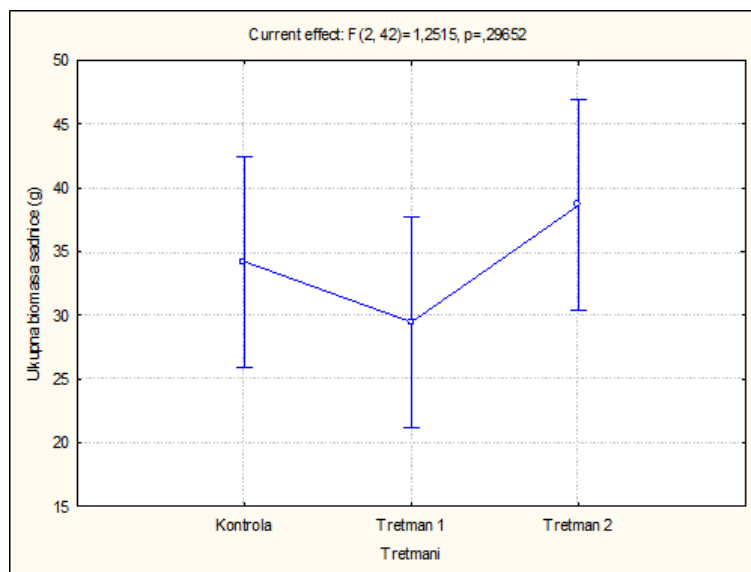
Univariate Tests of Significance for Ukupna biomasa sadnice (g) (Masa suhe tvari_Hubak)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	52346,23	1	52346,23	208,2377	0,000000
Tretmani	629,20	2	314,60	1,2515	0,296523
Error	10557,85	42	251,38		

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između ukupne biomase sadnice u tretmanima ($F=1,2515$; $p=0,296623$).

Tablica 29. Tukeyev HSD test za ukupnu biomasu sadnice

Tukey HSD test; variable Ukupna biomasa sadnice (g) (Masa suhe tvari_Hubak) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 251,38, df = 42,000				
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}
		34,217	29,473	38,630
1	Kontrola		0,693270	0,727984
2	Tretman 1	0,693270		0,264707
3	Tretman 2	0,727984	0,264707	

Tukeyev HSD test ne pokazuje statistički značajnu razliku između tretmana i ukupne biomase sadnice.



Graf 18. Ukupna biomasa sadnice s obzirom na tretmane

Tablica 30. Analiza varijance za omjer mase stabljike i mase korijena

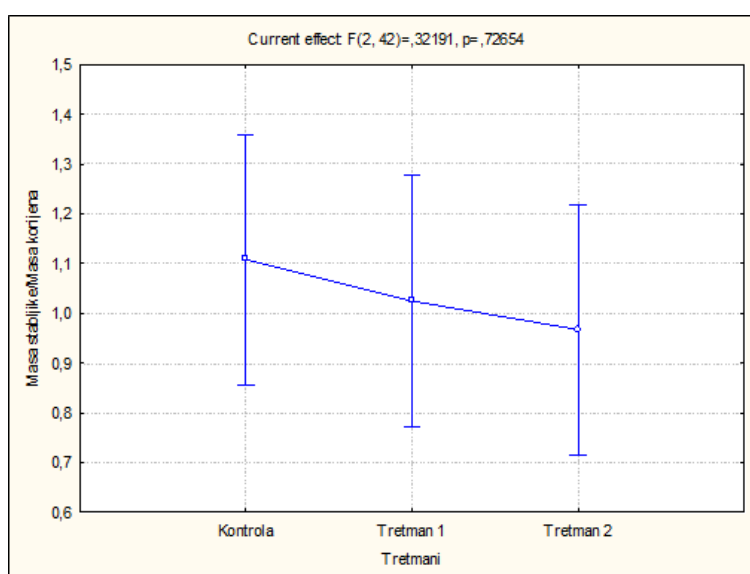
Univariate Tests of Significance for Masa stabljike/Masa korijena (Masa suhe tvari_Hubak) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	48,08089	1	48,08089	205,7095	0,000000
Tretmani	0,15048	2	0,07524	0,3219	0,726536
Error	9,81674	42	0,23373		

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između omjera mase stabljike i mase korijena u tretmanima (F=0,3219; p=0,726536).

Tablica 31. Tukeyev HSD test za omjer mase stabljike i mase korijena

Tukey HSD test; variable Masa stabljike/Masa korijena (Masa suhe tvari_Hubak)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = ,23373, df = 42,000				
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}
		1,1084	1,0251	,96752
1	Kontrola		0,884917	0,706402
2	Tretman 1	0,884917		0,943242
3	Tretman 2	0,706402	0,943242	

Tukeyev HSD test ne pokazuje statistički značajnu razliku između tretmana i omjera mase stabljike i mase korijena.



Graf 19. Omjer mase stabljike i mase korijena s obzirom na tretmane

4.3.5. Dicksonov indeks kvalitete (DQI)

Tablica 32. Deskriptivna statistika Dicksonovog indeksa kvalitete (DQI) s masom svježe i masom suhe tvari

Varijable	Tretmani	N	Prosjek	Medijan	Minimum	Maksimum	Varijanca	Std.Dev.	Koef. Var	Standard
DQI mase svježe tvari	Kontrola	15	7,04	5,66	3,33	12,43	8,09	2,85	40,40	0,73
DQI			4,31	3,66	2,12	7,28	2,55	1,60	37,08	0,41
DQI mase svježe tvari	Tretman 1	15	6,75	5,98	1,59	16,89	16,61	4,08	60,37	1,05
DQI			4,21	3,76	0,95	10,51	6,28	2,51	59,48	0,65
DQI mase svježe tvari	Tretman 2	15	8,20	6,91	2,09	23,30	26,80	5,18	63,12	1,34
DQI			5,27	4,35	1,47	14,86	10,63	3,26	61,85	0,84

Na kontrolnoj plohi DQI s masom svježe tvari je 7,04, a s masom suhe tvari 4,31. Na pokusnoj plohi tretmana 1 DQI s masom svježe tvari je 6,75, a s masom suhe tvari je 4,21. Na pokusnoj plohi tretmana 2 DQI s masom svježe tvari je 8,20, a s masom suhe tvari 5,27.

Tablica 33. Analiza varijance za Dicksonov indeks kvalitete (DQI) s masom svježe tvari

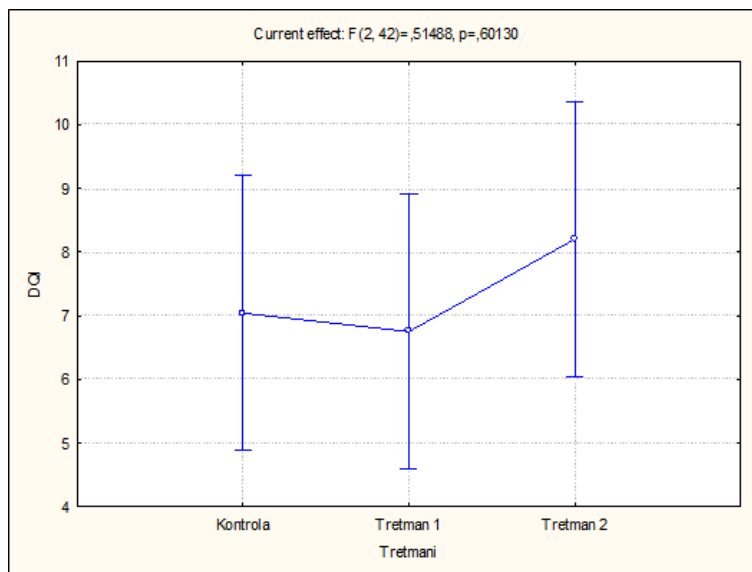
Univariate Tests of Significance for DQI (Masa svježe tvari i DQI Hubak) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	2418,487	1	2418,487	140,8854	0,000000	
Tretmani	17,677	2	8,839	0,5149	0,601295	
Error	720,986	42	17,166			

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika između DQI u tretmanima ($F=0,5149$; $p=0,601295$).

Tablica 34. Tukeyev HSD test za Dicksonov indeks kvalitete (DQI) s masom svježe tvari

Tukey HSD test; variable DQI (Masa svježe tvari i DQI Hubak) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 17,166, df = 42,000				
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}
1	Kontrola	7,0419	0,979775	0,725581
2	Tretman 1	0,979775	6,7500	0,606418
3	Tretman 2	0,725581	0,606418	8,2012

Tukeyev HSD test ne pokazuje statistički značajnu razliku između tretmana i DQI.



Graf 20. DQI s masom svježe tvari s obzirom na tretmane

Tablica 35. Analiza varijance za Dicksonov indeks kvalitete (DQI)

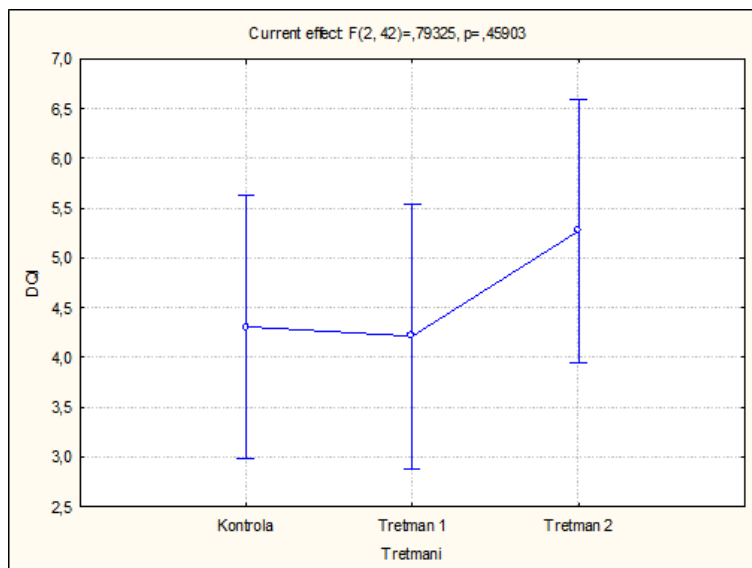
Univariate Tests of Significance for DQI (Masa suhe tvari_Hubak) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	951,2601	1	951,2601	146,6347	0,000000
Tretmani	10,2920	2	5,1460	0,7932	0,459034
Error	272,4658	42	6,4873		

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika DQI u tretmanima ($F=0,7932$; $p=0,459034$).

Tablica 36. Tukeyev HSD test za Dicksonov indeks kvalitete (DQI)

Tukey HSD test; variable DQI (Masa suhe tvari_Hubak) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 6,4873, df = 42,000				
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}
1	Kontrola	4,3088	0,994202	0,559067
2	Tretman 1	0,994202	4,2126	0,496048
3	Tretman 2	0,559067	0,496048	5,2718

Tukeyev HSD test ne pokazuje statistički značajnu razliku između tretmana i DQI.



Graf 21. DQI s obzirom na tretmane

4.3.6. Korelacije 8 morfoloških varijabli sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) prema Römer-Orphalovoj raspodjeli

Tablica 37. Korelacije za 8 morfoloških varijabli sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz kontrolne plohe

Variable	Correlations (Masa suhe tvari_Hubak)									
	Means	Std.Dev.	Masa stabljike (g)	Masa korijena (g)	Ukupna biomasa sadnice (g)	Visina (cm)	Promjer vrata korijena (mm)	Masa stabljike/Masa korijena	Koeficijent vitkosti	DQI
Masa stabljike (g)	16,70400	5,25983	1,000000							
Masa korijena (g)	17,51267	6,87102	0,724220	1,000000						
Ukupna biomasa sadnice (g)	34,21667	11,27936	0,907495	0,946889	1,000000					
Visina (cm)	72,66000	9,27653	0,762938	0,571000	0,703611	1,000000				
Promjer vrata korijena (mm)	10,44000	1,66905	0,688836	0,447443	0,593788	0,597696	1,000000			
Masa stabljike/Masa korijena	1,10839	0,64865	0,024648	-0,650719	-0,384903	-0,055577	0,013650	1,000000		
Koeficijent vitkosti	7,05074	0,97779	-0,113290	-0,003459	-0,054937	0,241126	-0,623488	-0,080619	1,000000	
DQI	4,30878	1,59750	0,826249	0,920540	0,946062	0,538530	0,704259	-0,454664	-0,342610	1,000000

Ukupna biomasa sadnice u pozitivnoj je i potpunoj korelaciji s masom stabljike ($r=0,90$) i masom korijena ($r=0,95$). Dicksonov indeks kvalitete (DQI) je u pozitivnoj i vrlo jakoj korelaciji s masom stabljike ($r=0,83$) i u pozitivnoj i potpunoj korelaciji s masom korijena ($r=0,92$) i ukupnom biomasom sadnica ($r=0,95$).

Tablica 38. Korelacije za 8 morfoloških varijabli sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz tretmana 1

Variable	Correlations (Masa suhe tvari_Hubak) Marked correlations are significant at $p < .05000$ N=15 (Casewise deletion of missing data)									
	Means	Std.Dev.	Masa stabljike (g)	Masa korijena (g)	Ukupna biomasa sadnice (g)	Visina (cm)	Promjer vrata korijena (mm)	Masa stabljike/Masa korijena	Koeficijent vitkosti	DQI
Masa stabljike (g)	14,22333	6,89973	1,000000							
Masa korijena (g)	15,24933	8,61622	0,930468	1,000000						
Ukupna biomasa sadnice (g)	29,47267	15,24721	0,978333	0,986161	1,000000					
Visina (cm)	64,60000	11,28507	0,643157	0,483094	0,564041	1,000000				
Promjer vrata korijena (mm)	10,31000	2,06890	0,753987	0,734286	0,756143	0,573488	1,000000			
Masa stabljike/Masa korijena	1,02509	0,30148	-0,326874	-0,580985	-0,476234	0,010592	-0,399560	1,000000		
Koeficijent vitkosti	6,41721	1,26023	-0,280567	-0,375955	-0,339416	0,238931	-0,641635	0,446479	1,000000	
DQI	4,21263	2,50573	0,920086	0,978355	0,969231	0,387755	0,777284	-0,529781	-0,510787	1,000000

Masa korijena u pozitivnoj je i potpunoj korelaciji s masom stabljike ($r=0,93$). Ukupna biomasa sadnice je u pozitivnoj i potpunoj korelaciji s masom stabljike ($r=0,98$) i masom korijena ($r=0,99$). Dicksonov indeks kvalitete (DQI) je u pozitivnoj i potpunoj korelaciji s masom stabljike ($r=0,92$), masom korijena ($r=0,98$) i ukupnom biomasom sadnice ($r=0,97$).

Tablica 39. Korelacije za 8 morfoloških varijabli sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz tretmana 2

Variable	Correlations (Masa suhe tvari_Hubak) Marked correlations are significant at $p < .05000$ N=15 (Casewise deletion of missing data)									
	Means	Std.Dev.	Masa stabljike (g)	Masa korijena (g)	Ukupna biomasa sadnice (g)	Visina (cm)	Promjer vrata korijena (mm)	Masa stabljike/Masa korijena	Koeficijent vitkosti	DQI
Masa stabljike (g)	17,30133	7,41798	1,000000							
Masa korijena (g)	21,32867	13,10727	0,861896	1,000000						
Ukupna biomasa sadnice (g)	38,63000	19,86027	0,942338	0,981900	1,000000					
Visina (cm)	74,76667	9,48417	0,763669	0,526878	0,632963	1,000000				
Promjer vrata korijena (mm)	11,23733	1,86660	0,923777	0,739658	0,833194	0,727642	1,000000			
Masa stabljike/Masa korijena	0,96752	0,43539	-0,254407	-0,626062	-0,508208	-0,077415	-0,308323	1,000000		
Koeficijent vitkosti	6,71738	0,71338	-0,412086	-0,452250	-0,452391	0,130425	-0,578350	0,425181	1,000000	
DQI	5,27178	3,26054	0,925677	0,976739	0,990371	0,543824	0,833715	-0,514359	-0,553488	1,000000

Masa korijena u pozitivnoj je i vrlo jakoj korelaciji s masom stabljike ($r=0,86$). Ukupna biomasa sadnice u je u pozitivnoj i potpunoj korelaciji s masom stabljike ($r=0,94$) i masom korijena ($r=0,98$). Promjer vrata korijena je u pozitivnoj i potpunoj korelaciji s masom stabljike ($r=0,93$) i u pozitivnoj i vrlo jakoj korelaciji s ukupnom biomasom sadnice ($r=0,83$). Dicksonov indeks kvalitete je u pozitivnoj i potpunoj korelaciji s masom stabljike ($r=0,93$), masom korijena ($r=0,98$) i ukupnom biomasom ($r=0,99$) dok je s promjerom vrata korijena u pozitivnoj i vrlo jakoj korelaciji ($r=0,83$).

Tablica 40. Korelacije za 8 morfoloških varijabli sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) bez obzira na tretmane (sveukupno)

Variable	Correlations (Masa suhe tvari_Hubak) Marked correlations are significant at $p < .05000$ N=45 (Casewise deletion of missing data)									
	Means	Std.Dev.	Masa stabljike (g)	Masa korijena (g)	Ukupna biomasa sadnice (g)	Visina (cm)	Promjer vrata korijena (mm)	Masa stabljike/Masa korijena	Koeficijent vitkosti	DQI
Masa stabljike (g)	16,07622	6,57838	1,000000							
Masa korijena (g)	18,03022	9,98718	0,846523	1,000000						
Ukupna biomasa sadnice (g)	34,10644	15,94525	0,942773	0,975584	1,000000					
Visina (cm)	70,67556	10,77751	0,717148	0,533055	0,629741	1,000000				
Promjer vrata korijena (mm)	10,66244	1,87851	0,795767	0,670290	0,748133	0,626545	1,000000			
Masa stabljike/Masa korijena	1,03367	0,47595	-0,146039	-0,551017	-0,405375	-0,043003	-0,192291	1,000000		
Koeficijent vitkosti	6,72844	1,01977	-0,207876	-0,238207	-0,234960	0,264327	-0,569157	0,183562	1,000000	
DQI	4,59773	2,53502	0,890913	0,963423	0,970987	0,472936	0,775793	-0,440111	-0,420308	1,000000

Masa korijena je u pozitivnoj i vrlo jakoj korelaciji s masom stabljike ($r=0,85$). Ukupna biomasa sadnice je u pozitivnoj i potpunoj korelaciji s masom stabljike ($r=0,94$) i masom korijena ($r=0,98$). Dicksonov indeks kvalitete je u pozitivnoj i potpunoj korelaciji s masom korijena ($r=0,96$) i ukupnom biomasom sadnica ($r=0,97$), dok je s masom stabljike u pozitivnoj i vrlo jakoj korelaciji ($r=0,89$).

4.4. Fiziološke značajke

4.4.1. Indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću

Tablica 41. Deskriptivna statistika indeksa relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću

Effect	Descriptive Statistics (CCI Hubak)						
	Level of Factor	N	CCI Mean	CCI Std.Dev.	CCI Std.Err	CCI -95,00%	CCI +95,00%
Total		300	11,17686	4,800780	0,277173	10,63140	11,72231
Tretmani	Kontrola	100	11,41000	4,027249	0,402725	10,61091	12,20909
Tretmani	Tretman 1	100	10,65800	4,384466	0,438447	9,78803	11,52797
Tretmani	Tretman 2	100	11,46257	5,810035	0,581003	10,30973	12,61540

Prosječan indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila u lišću u kontroli iznosi 11,41, u tretmanu 1 10,66, a u tretmanu 2 11,46.

Tablica 42. Analiza varijance za indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću

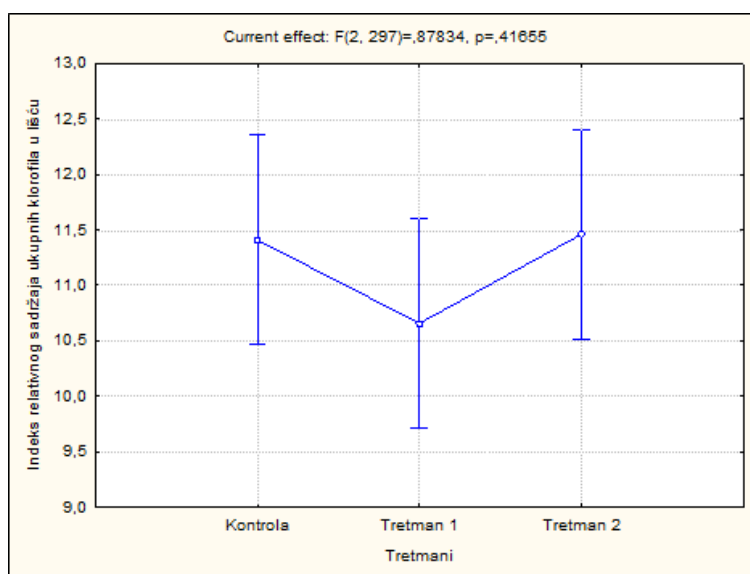
Effect	Univariate Tests of Significance for CCI (CCI Hubak) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	37476,63	1	37476,63	1624,738	0,000000
Tretmani	40,52	2	20,26	0,878	0,416550
Error	6850,68	297	23,07		

Analizom varijance nije utvrđena statistički značajna razlika CCI u tretmanima ($F=0,878$; $p=0,416550$).

Tablica 43. Tukeyev HSD test za indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću

Tukey HSD test; variable CCI (CCI Hubak)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = 23,066, df = 297,00				
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}
1	Kontrola	11,410	10,658	11,463
2	Tretman 1	0,509614		0,996705
3	Tretman 2	0,996705	0,462385	

Tukeyev HSD test ne pokazuje statistički značajnu razliku između tretmana i CCI.



Graf 22. Indeks relativnog sadržaja ukupnih klorofila (CCI) u lišću sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)

4.4.2. Maksimalni kvantni prinos fotosustava II (Fv/Fm)

Tablica 44. Deskriptivna statistika maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II (Fv/Fm)

Varijabla	Tretmani	N	Prosjeak	Medijan	Minimum	Maksimum	Varijanca	Std.Dev.	Koef. Var.	Standard
Fv/Fm	Kontrola	60,00	0,63	0,65	0,37	0,80	0,01	0,10	15,17	0,01
Fv/Fm	Tretman 1	60,00	0,63	0,65	0,19	0,77	0,01	0,11	17,77	0,01
Fv/Fm	Tretman 2	60,00	0,70	0,70	0,61	0,79	0,00	0,05	6,95	0,01

Prosječni maksimalni kvantni prinos fotosustava II za kontrolu iznosi 0,63, za tretman 1 0,63, za tretman 2 0,70.

Tablica 45. Analiza varijance za maksimalni kvantni prinos fotosustava II

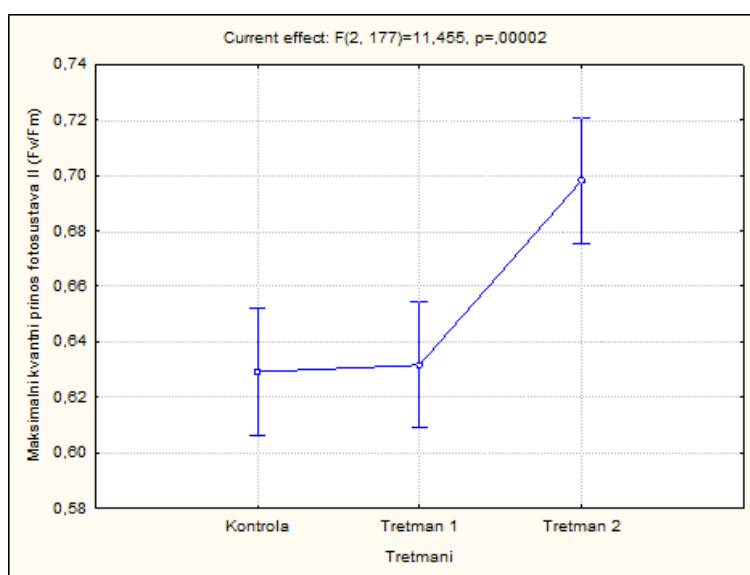
Univariate Tests of Significance for Fv/Fm (Spreadsheet1) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	76,75362	1	76,75362	9567,244	0,000000
Tretmani	0,18379	2	0,09189	11,455	0,000021
Error	1,41999	177	0,00802		

Analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika u maksimalnim kvantnim prinosima fotosustava II (Fv/Fm) u tretmanima (F=11,455; p=0,000021).

Tablica 46. Tukeyev HSD test za maksimalni kvantni prinos fotosustava II

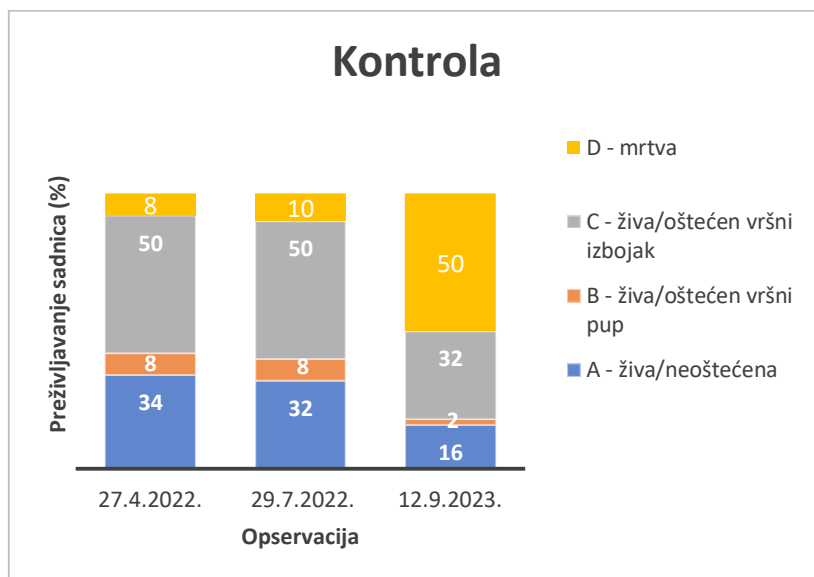
Tukey HSD test; variable Fv/Fm (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00802, df = 177,00				
Cell No.	Tretmani	{1}	{2}	{3}
1	Kontrola	,62917	,63167	,69817
2	Tretman 1	0,987204		0,000158
3	Tretman 2	0,000091	0,000158	

Tukeyev HSD test pokazuje statistički značajnu razliku u maksimalnim kvantnim prinosima fotosustava II između kontrole i tretmana 2 i između tretmana 1 i tretmana 2.



Graf 23. Maksimalni kvantni prinos fotosustava II s obzirom na tretmane

4.5. Preživljavanje sadnica

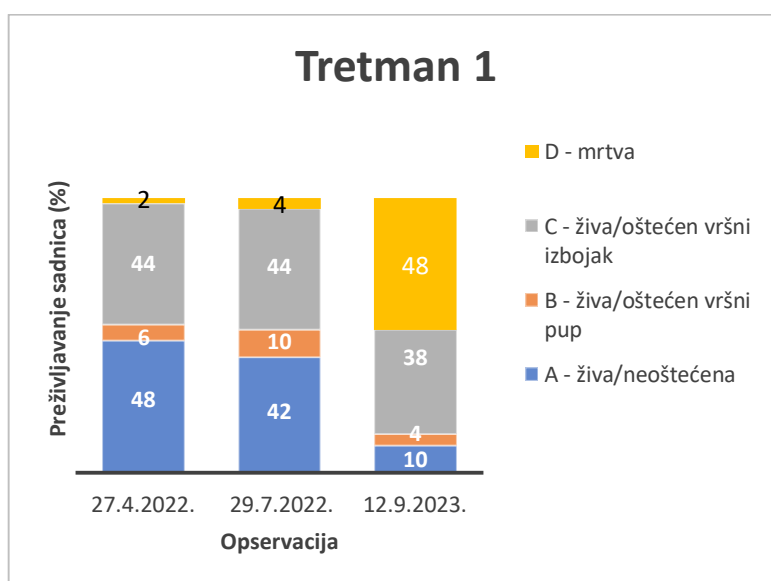


Graf 24. Preživljavanje sadnica prema kategorijama kroz tri opservacije (kontrola)

Prvom opservacijom kontrole (27.4.2022.) utvrđeno je da 34% sadnica pripada u kategoriju A – živa/neoštećena, 8% sadnica u kategoriju B – živa/oštećen vršni pup, 50% sadnica u kategoriju C – živa/oštećen vršni izbojak i 8% u kategoriju D – mrtva.

Drugom opservacijom kontrole (29.7.2022.) utvrđeno je da 32% sadnica pripada kategoriji A, 8% pripada kategoriji B, 50% pripada kategoriji C i 10% pripada kategoriji D.

Trećom opservacijom kontrole (12.9.2023.) utvrđeno je da 16% sadnica pripada kategoriji A, 2% pripada kategoriji B, 32% pripada kategoriji C i 50% pripada kategoriji D.

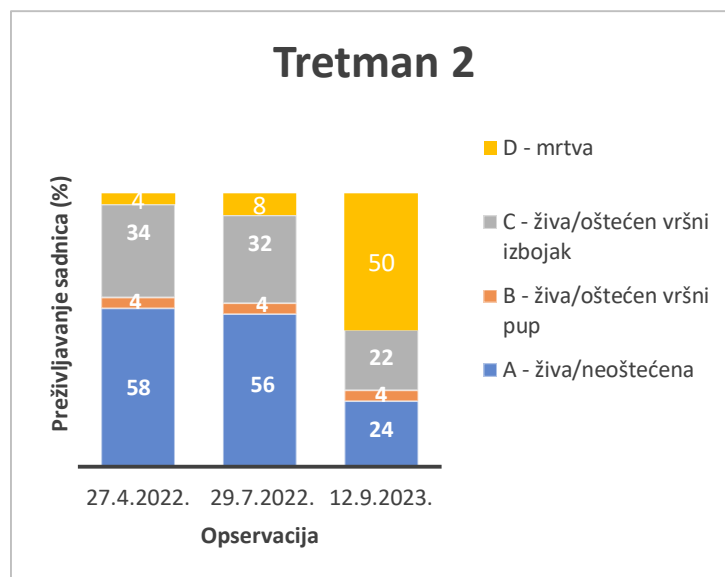


Graf 25. Preživljavanje sadnica prema kategorijama kroz tri opservacije (tretman 1)

Prvom opservacijom tretmana 1 (27.4.2022.) utvrđeno je da 48% sadnica pripada u kategoriju A – živa/neoštećena, 6% sadnica u kategoriju B – živa/oštećen vršni pup, 44% sadnica u kategoriju C – živa/oštećen vršni izbojak i 2% u kategoriju D – mrtva.

Drugom opservacijom tretmana 1 (29.7.2022.) utvrđeno je da 42% sadnica pripada kategoriji A, 10% pripada kategoriji B, 44% pripada kategoriji C i 48% pripada kategoriji D.

Trećom opservacijom tretmana 1 (12.9.2023.) utvrđeno je da 10% sadnica pripada kategoriji A, 4% pripada kategoriji B, 38% pripada kategoriji C i 48% pripada kategoriji D.

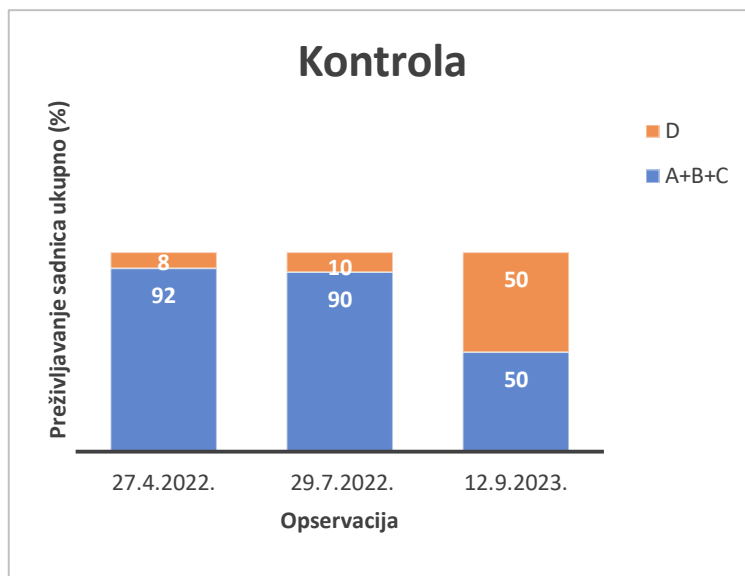


Graf 26. Preživljavanje sadnica prema kategorijama kroz tri opservacije (tretman 2)

Prvom opservacijom tretmana 2 (27.4.2022.) utvrđeno je da 58% sadnica pripada u kategoriju A – živa/neoštećena, 4% sadnica u kategoriju B – živa/oštećen vršni pup, 34% sadnica u kategoriju C – živa/oštećen vršni izbojak i 4% u kategoriju D – mrtva.

Drugom opservacijom tretmana 2 (29.7.2022.) utvrđeno je da 56% sadnica pripada kategoriji A, 4% pripada kategoriji B, 32% pripada kategoriji C i 8% pripada kategoriji D.

Trećom opservacijom tretmana 2 (12.9.2023.) utvrđeno je da 24% sadnica pripada kategoriji A, 4% pripada kategoriji B, 22% pripada kategoriji C i 50% pripada kategoriji D.

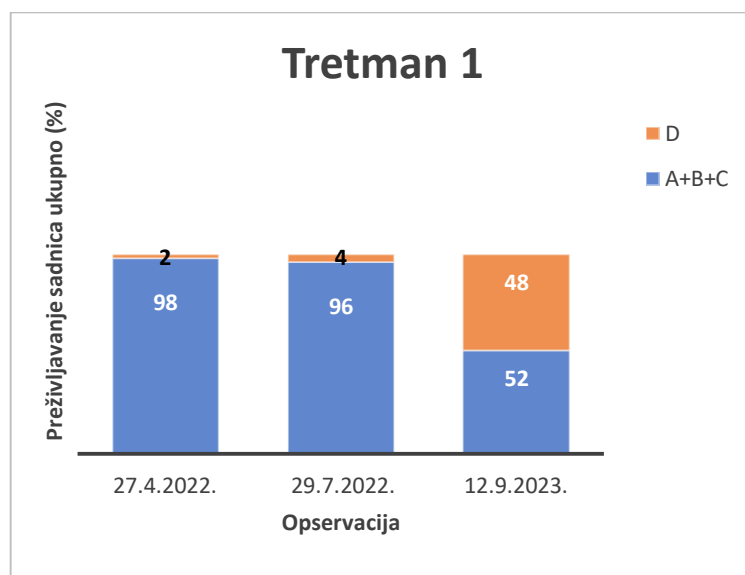


Graf 27. Ukupno preživljavanje sadnica kroz tri opservacije (kontrola)

Prvom opservacijom kontrole (27.4.2022.) ukupni postotak preživljavanja sadnica (A+B+C) je 92%, a 8% sadnica pripada kategoriji D -mrtva.

Drugom opservacijom kontrole (29.7.2022.) ukupni postotak preživljavanja sadnica (A+B+C) je 90%, a 10% sadnica pripada kategoriji D -mrtva.

Trećom opservacijom kontrole (12.9.2023.) ukupni postotak preživljavanja sadnica (A+B+C) je 50%, a 50% sadnica pripada kategoriji D -mrtva.

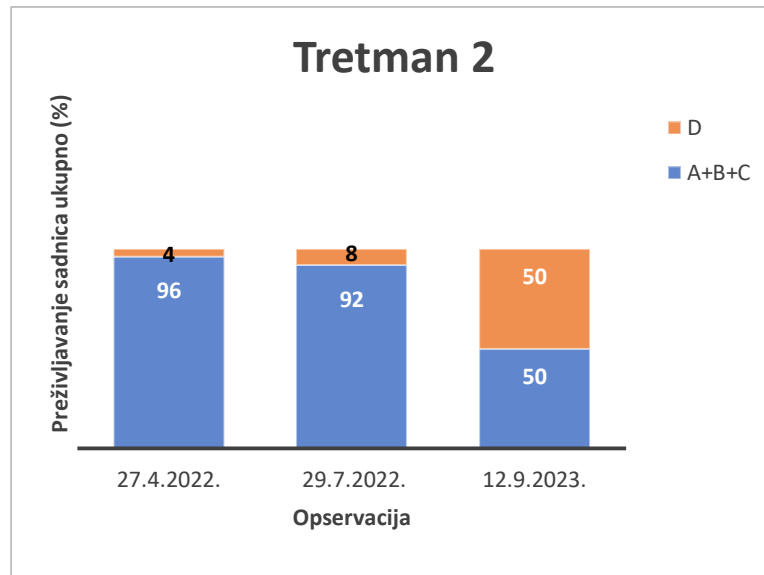


Graf 28. Ukupno preživljavanje sadnica kroz tri opservacije (tretman 1)

Prvom opservacijom tretmana 1 (27.4.2022.) ukupni postotak preživljavanja sadnica (A+B+C) je 98%, a 2% sadnica pripada kategoriji D -mrtva.

Drugom opservacijom tretmana 1 (29.7.2022.) ukupni postotak preživljavanja sadnica (A+B+C) je 96%, a 4% sadnica pripada kategoriji D -mrtva.

Trećom opservacijom tretmana 1 (12.9.2023.) ukupni postotak preživljavanja sadnica (A+B+C) je 52%, a 48% sadnica pripada kategoriji D -mrtva.

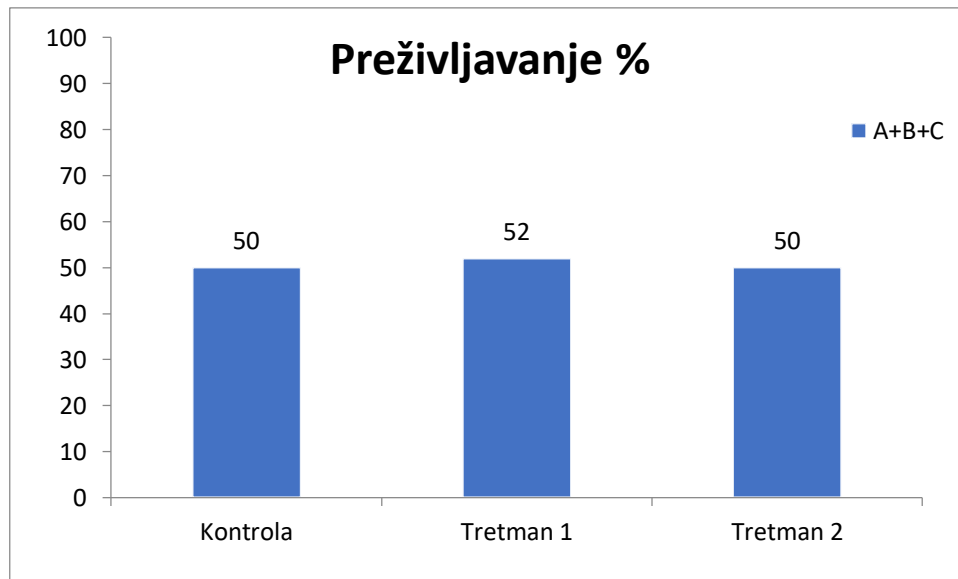


Graf 29. Ukupno preživljavanje sadnica kroz tri opservacije (tretman 2)

Prvom opservacijom tretmana 2 (27.4.2022.) ukupni postotak preživljavanja sadnica (A+B+C) je 96%, a 4% sadnica pripada kategoriji D -mrtva.

Drugom opservacijom tretmana 2 (29.7.2022.) ukupni postotak preživljavanja sadnica (A+B+C) je 92%, a 8% sadnica pripada kategoriji D -mrtva.

Trećom opservacijom tretmana 2 (12.9.2023.) ukupni postotak preživljavanja sadnica (A+B+C) je 50%, a 50% sadnica pripada kategoriji D -mrtva.



Graf 30. A+B+C na kraju druge vegetacije

Na kraju druge vegetacije od sadnje sadnica na terenu kontrola ima 50% preživjelih sadnica, tretman 1 52%, a tretman 2 50%.

5. Rasprava

Uvidom u rezultate dobivene nakon obrade i analize svih sakupljenih podataka koji su prikazani tablično i grafički, može se doći do određenih zaključaka te raspraviti o njima.

Nakon provedene ekstrakcijske metode Mehlich-3 za određivanje mobilnih hranjiva u tlu možemo zaključiti da su analizirani uzorci vrlo homogeni (Tablica 3.). Analiza je pokazala da u testiranim uzorcima ima podjednak udio mikro i makro elemenata, što je u praksi česti problem mnogih rasadničara. Na osnovu provedenih laboratorijskih analiza možemo zaključiti da je tehnologija izrade testiranih kondicionera tla ispravna i ne treba ju usavršavati jer se njome postižu uniformne doze hranjiva te svaka sadnica dobije jednaku količinu. Prilikom sadnje i primjene kondicionera tla uvidjeli smo prednosti i nedostatke primjene kolagenskih vrećica. Prednost pakiranja kondicionera tla u kolagenske vrećice, osim spomenute uniformnosti doze, svakako je olakšan transport i sama aplikacija kondicionera na terenu. Tretman 1 sastavljen je od 11, a tretman 2 od 15 komponenti. Primjenom kolagenskih vrećica značajno se olakšava aplikacija na terenu zato što u jednom proizvodu imamo više vrsta kondicionera tla. Prednost se očituje i u biorazgradivosti kolagenskih vrećica, nakon dvije vegetacije nisu pronađeni ostaci istih u tlu.

Hrast lužnjak ima razgranati korijen koji raste u svim smjerovima tako da se nedostatak primjene kolagenskih vrećica očituje u pozicioniranju kondicionera tla samo s jedne strane korijena. Tom nedostatku može se doskočiti primjenom više kolagenskih vrećica u jednoj sadnoj jami, međutim to poskupljuje cijeli proces. Kolagenska vrećica pruža otpor rastu korijenovih dlačica i potrebna je određena snaga prodiranja kako bi kondicioneri tla postali dostupni biljci. Primjena kondicionera tla u rasutom stanju ima prednost što nema troška vrećice i samog procesa pakiranja. Aplikacija u rasutom obliku anulira problem s pozicioniranjem kondicionera tla u odnosu na korijen biljke jer se rasprostiru na cijeloj površini sadne jame i u direktnom su kontaktu s korijenom, a samim time i lakše dostupni za usvajanje. Veliki problem primjene kondicionera tla u rasutom stanju je transport i sama aplikacija na terenu, naročito u umjetnoj obnovi šuma na velikim površinama.

Poboljšivači tla korišteni u ovom istraživanju imaju široku primjenu u poljoprivredi, rasadničarstvu i povrtlarstvu dok u šumarstvu nisu toliko zastupljeni. U umjetnoj obnovi šuma sadnice se izlažu velikom stresu presadnjom iz rasadnika na teren. Prirodni ekološki čimbenici poput temperature tla, količine hranjiva u tlu, vlažnosti i pH vrijednosti uvelike utječu na uspjeh presadnje. Dostupnost vode u tlu koju korijen može usvojiti je jedan od glavnih čimbenika o kojem ovisi preživljenje i rast sadnica nakon sadnje na terenu. U novije doba problem suše može se djelomično riješiti uz pomoć modernih agrotehničkih mjera kojima je cilj stvaranje što boljih uvjeta za održanje vlage u tlu i sprječavanje evaporacije (Drvodelić i dr. 2015). Za popravljavanje vlažnosti tla koriste se hidrogelovi koji imaju sposobnost upijanja i skladištenja vode. Na taj način se stvara dodatna zaliha vode i ublažava se vodni stres kod biljaka. Primjena granula hidrogela je relativno jednostavna međutim može se zakomplicirati

jer do danas nije poznata optimalna doza po sadnoj jami. Prema Drvodeliću i dr. (2015.), bolji način primjene je apliciranje hidrogela izravno u sadnu jamu, zato što je nakon primjene sadnicama voda direktno na raspolaganju, što znatno smanjuje šok zbog presadnje. Sarvaš i dr. (2007) pišu o pozitivnom utjecaju hidrogela Stocksorb na preživljenje sadnica. Negativna strana hidrogela očituje se uslijed dugog sušnom perioda kada gube svoju funkciju upijanja vode i pretvaraju se u krute tvari te ometaju rast i razvoj korijena.

Upotreba mikoriznih gljivica u mnogim je istraživanjima dokazala da povećava apsorpcijsku sposobnost korijena što je vrlo važno kod sušnih razdoblja ili u aridnim klimatskim uvjetima. Prema Mahonyju (2005), u područjima gdje je nastupila biološka, fizička i kemijska degradacija tla, mikoriza ima važnu ulogu u preživljenju biljaka. Prema Devine i dr. (2009) inokulacija zemlje koja sadrži ektomikorizne gljive znatno poboljšava rast nadzemnog i podzemnog dijela prihranjivanih sadnica. Drvodelić i dr. (2016) su utvrdili pozitivan utjecaj primjene ektomikoriznih gljiva na morfološke značajke jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei*. Prema Drvodeliću i dr. (2015) primjena hidrogela i ektomikoriznih gljiva imala je pozitivan utjecaj na preživljenje dvogodišnjih (2+0) sadnica hrasta lužnjaka dok na visinski prirast i promjer korijenovog vrata nije imala utjecaj.

U istraživanju nije bilo statistički značajne razlike u visinskim prirastima između tretmana nakon dvije vegetacije. Djelomično možemo to pripisati štetama koje je uzrokovala srneća divljač brsteći vršne izbojke i pupove na sadnicama i na taj način uvelike smanjila broj uzorka uzetih u analizu. Značajne razlike nisu utvrđene niti u promjeru korijenovog vrata nakon dvije vegetacije između tretmana. Nije utvrđena statistički značajna razlika u masi svježje, odnosno suhe tvari korijena i stabljike sadnica s obzirom na tretmane. Dobivena je pozitivna i potpuna korelacija Dicksonovog indeksa kvalitete s masom korijena suhe tvari.

Statistički značajna razlika utvrđena je kod izmjere maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II (Fv/Fm) između kontrole i tretmana 2 i između tretmana 1 i tretmana 2. Jurković i dr. (2012) utvrdili su pozitivan utjecaj na povećanje maksimalnog kvantnog prinosa fotosustava II uslijed kombinacije navodnjavanja i gnojidbe dušikom. Kemijskom analizom utvrđeno je da tretman 2 ima manji postotak dušika u odnosu na tretman 1 što nije u korelaciji s prethodnom težom. Mjerenjem fluorescencije klorofila možemo utvrditi nalazi li se biljka pod stresnim čimbenicima. Naime, u stresnim uvjetima učinkovitost procesa fotosinteze se smanji, pa se veći dio apsorbirane energije oslobodi u obliku fluorescencije (Maxwell i Johnson 2000). Stoga mjerenjem fluorescencije klorofila možemo otkriti mnogo o učinkovitosti fotosinteze. Sadnice koje su posađene na plohu gdje se koristio tretman 2 prije sadnje su imale veće visine (Graf 2.) i veći promjer korijenovog vrata (Graf 3.) od sadnica s kontrolne plohe i plohe gdje se koristio tretman 1. Samim time možemo tvrditi da su te sadnice jače i otpornije na stresne uvjete.

Preživljenje sadnica nakon dvije vegetacije bilo je oko 50 % za sve tretmane te nisu utvrđene statistički značajne razlike. Veliki dio sadnica stradao je od sitne divljači što je smanjilo postotak preživljenja. Unatoč brojnim pozitivnim utjecajima, glodavci mogu u godinama

masovne pojave otežati prirodnu obnovu hrastovih šuma, uzrokujući štete na sjemenu te stabljici i korijenu mladih biljaka (Vucelja i dr. 2014). Za potrebe pokusa, štete od divljači mogle su se ublažiti primjenom Tulijevih cijevi, što je danas sve češća praksa kod umjetne obnove šuma sadnicama. Kondicioneri tla za široku primjenu u šumarstvu trebaju biti jeftini, lako dobavljivi, lagane aplikacije i transporta, ekološki prihvatljivi u smislu razgradnje ambalaže jer se radi o upotrebi na velikim površinama. Poboljšivači tla trebali bi sadnici osigurati prednost i bolji start u početnom rastu u odnosu na drugu vegetaciju koja se nalazi na šumskoj površini i na taj način osigurati preživljenje sadnice i spriječiti ponovnu sadnju. Trošak kondicionera tla je prihvatljiv ukoliko dobijemo zdravu i vitalnu sadnicu nakon presadnje na terenu koja je otporna na stresne čimbenike.

6. Zaključak

Rezultati istraživanja nisu pokazali značajne razlike u morfološkom i fiziološkom stanju biljaka nakon primjene kondicionera tla, iako su dobiveni određeni pozitivni rezultati. Nakon provedenih istraživanja i analiza te prezentiranih rezultata možemo zaključiti da korišteni kondicioneri tla nisu statistički značajno utjecali na lisne fenofaze sadnica hrasta lužnjaka. Mjerenjem morfoloških osobina sadnica i statističkom obradom podataka nije utvrđen pozitivan utjecaj kondicionera tla na visinski prirast i promjer korijenovog vrata u odnosu na kontrolnu plohu. Analiziranjem fizioloških značajki sadnica dobili smo statistički značajnu razliku u maksimalnom kvantnom prinosu fotosustava II u korist tretmana 2. Primjena kondicionera tla nije imala utjecaj na preživljenje sadnica.

Buduća istraživanja kondicionera tla potrebno je usmjeriti prema kontroliranim uvjetima u komorama rasta gdje nema utjecaja vanjskih čimbenika te provesti detaljnije analize fiziološkog stanja biljaka. Sukladno tome primjenu kondicionera tla koristiti na degradiranim terenima i urbanim sredinama gdje su narušeni fizički, kemijski i mikrobiološki odnosi. Promjenom klime i ekoloških uvjeta šumskih staništa inovativna rješenja u obliku kondicionera tla biti će nezaobilazan segment u budućnosti šumarske struke i potrebno je raditi na njihovom istraživanju i usavršavanju.

7. Literatura

1. Cate, Thomas & Perkins, Timothy. (2003). Chlorophyll content monitoring in sugar maple (*Acer saccharum*). *Tree physiology*. 23. 1077-9. [10.1093/treephys/23.15.1077](https://doi.org/10.1093/treephys/23.15.1077).
2. Choi, E.J.; Yong, S.H.; Park, D.J.; Park, K.B.; Kim, D.H.; Choi, M.S. Germination and growth characteristics by seed coat removal and quality index of *Quercus myrsinifolia* seedlings according to bed soil and irrigation. *Forests* 2021, x, x.
3. Crnković, S., Drvodelić, D., i Perić, S. (2017). 'Morfološke značajke kontejnerskih sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz sjemenske regije Gornja Posavina i Pokuplje (1.2.3.)', *Šumarski list*, 141(9-10), str. 451-458. <https://doi.org/10.31298/sl.141.9-10.1>
4. Davis, A. S., & Jacobs, D. F. (2005). Quantifying Root System Quality of Nursery Seedlings and Relationship to Outplanting Performance. *New Forests*, 30, 295-311.
5. 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. 2009.
6. Drvodelić, D. i Oršanić, M. (2019) 'Izbor kvalitetne šumske sadnice poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl) za umjetnu obnovu i pošumljavanje', *Šumarski list*, 143(11-12), str. 577-585. doi: 10.31298/sl.143.11-12.8
7. Drvodelić, D., Oršanić, M. i Paulić, V. (2015) 'Utjecaj Agrohrogela i ektomikorize na preživljenje i početni rast sadnica hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.)', *Proizvodnja hrane i šumarstvo - temelj razvoja istočne Hrvatske : zbornik radova sa znanstvenog skupa*, str. 271-294. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:770112> (Datum pristupa: 05.09.2023.)
8. Drvodelić, D., Oršanić, M., i Paulić, V. (2016). 'Utjecaj ektomikorize i huminskih kiselina na morfološke značajke jednogodišnjih sadnica hibrida *Paulownia tomentosa* x *Paulownia fortunei*', *Šumarski list*, 140(7-8), str. 327-336. <https://doi.org/10.31298/sl.140.7-8.1>
9. Drvodelić, D., et al. (2013). 'UTJECAJ NAVODNJAVANJA I MIKRORELJEFA U RASADNIKU NA MORFOLOŠKE ZNAČAJKE ŠUMSKIH SADNICA HRASTA LUŽNJAKA (*Quercus robur* L.) I KITNJAKA (*Quercus petraea* L.)', *Šumarski list*, 137(9-10), str. 447-458. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/111625> (Datum pristupa: 21.09.2023.)
10. Franjić, J. (1996) 'Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., Fagaceae) u Hrvatskoj', *Glasnik za šumske pokuse: Annales Experimentis Silvarum Culturae Provehendis*, 33, str. 212-213. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:707867> (Datum pristupa: 18.09.2023.)
11. Gradečki-Poštenjak, M., et al. (2011). 'Dinamika plodnošenja i kvaliteta uroda sjemena hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u narušenim ekološkim uvjetima', *Šumarski list*, 135(13), str. 169-180. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/72325> (Datum pristupa: 17.09.2023.)

12. Haase D.L. (2008). Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. *Tree Plant Notes* 52 (2): 24–30.
13. Haase, Diane L. 2007. Morphological and physiological evaluations of seedling quality. In: Riley, L.E.; Dumroese, R.K.; Landis, T.D. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations - 2006. Proceedings RMRS-P-50. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. p. 3-8
14. Idžojić M., 2009: Dendrologija list, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, Zagreb
15. Jaenicke H. (1999). Good tree nursery practices: practical guidelines for community nurseries. World Agroforestry Centre, 93 pp.
16. Jurković, Vlatka & Amić, Ana & Josipović, Marko & Jurkovic, Zorica & Šimić, Domagoj & Lepeduš, Hrvoje. (2012). Irrigation and nitrogen fertilization impact on photosynthetic efficiency of maize leaves.
17. Mahony, C. P., 2005: Effects of native ectomycorrhizal fungi on aspen seedlings in greenhouse studies: inoculation methods, fertilizer regimes, and plant uptake of selected elements in smelter-impacted soils. Master of Science in Plant Science, Montana State University, 233.
18. Matić, S. (2000) 'Oak forests (*Quercus* sp.) in Croatia', *Glasnik za šumske pokuse: Annales Experimentis Silvarum Culturae Provehendis*, 37, str. 5-14. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:433410> (Datum pristupa: 18.09.2023.)
19. Maxwell K., Johnson G.N. (2000): Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany* 345, 659-668.
20. Perić, S., et al. (2009). 'RASADNIČKA PROIZVODNJA I VAŽNOST ŠUMSKOGA REPRODUKCIJSKOG MATERIJALA U RH', *Radovi*, 44(1), str. 17-26. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/93151> (Datum pristupa: 18.09.2023.)
21. Roller, K. J., 1977: Suggested minimum standards for containerized seedlings in Nova Scotia. Fisheries and Environment Canada, Canadian Forestry Service, Maritimes Forest Research Centre. Information Report M-X-69: 18. str
22. SARVAŠ, M., PAVLENDÁ, P. & TAKÁČOVÁ, E. 2007. Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. *J. For. Sci.*, 53, 203-9.
23. Sever, K., et al. (2013). 'KOJI EKOFIZIOLOŠKI ČIMBENICI UTJEČU NA REPRODUKCIJU ŠUMSKOGA DRVEĆA I DA LI JE ONO U PROŠLOSTI RAĐALO SJEMENOM ČEŠĆE I OBILNIJE?', *Radovi*, 45(2), str. 175-194. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/129278> (Datum pristupa: 17.09.2023.)

24. Sever, K., et al. (2016). 'Pouzdanost procjene stanja ishrane hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) s dušikom pomoću prijenosnog klorofilmetra CCM-200', *Šumarski list*, 140(9-10), str. 465-475. <https://doi.org/10.31298/sl.140.9-10.3>
25. Srša, S., Jemrić, T. i Drvodelić, D. (2020) 'Rasadnička klijavost i morfološke značajke sadnica divlje trešnje (*Prunus avium* L.) različitog načina predstetvene pripreme sjemena', *Zbornik Akademije poljoprivrednih znanosti*, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, str. 23-36. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:631477> (Datum pristupa: 20.09.2023.)
26. Thompson, B. E. (1985). Seedling Morphological Evaluation—What You Can Tell by Looking. In: M. L. Durvea (Ed.), *Proceedings of Workshop on Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests* (pp. 59-71). Corvallis, OR: Oregon State University, Forest Research Laboratory.
27. Vucelja, M., et al. (2014). 'ŠTETE OD SITNIH GLODAVACA NA STABLJICI I KORIJENU HRASTA LUŽNJAKA (*Quercus robur* L.)', *Šumarski list*, 138(5-6), str. 283-290. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/125673> (Datum pristupa: 16.09.2023.)
28. Zrno, D. (2020). 'Poboljšivači tla za urbano drvenasto zelenilo', Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije, citirano: 26.09.2023., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:106570>