Utjecaj sušnoga stresa na anatomsko-fiziološke značajke lišća hrasta lužnjaka (Quercus robur L.)

Bajramspahić, Emina

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:520932

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

ŠUMARSKI FAKULTET

URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA

PREDDIPLOMSKI STUDIJ

URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA

EMINA BAJRAMSPAHIĆ

UTJECAJ SUŠNOG STRESA NA ANATOMSKO-FIZIOLOŠKE ZNAČAJKE LIŠĆA HRASTA LUŽNJAKA (*Quercus robur* L.)

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB (RUJAN, 2016.)

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod:	Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku
Predmet:	Fiziologija bilja
Mentor:	Izv. prof. dr. sc. Željko Škvorc
Viši asistent-znanstveni novak:	Dr. sc. Daniel Krstonošić Dr. sc. Krunoslav Sever
Studentica:	Emina Bajramspahić
JMBAG:	0130279702
Akad. godina:	2015./2016.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 29. 9. 2016.
Sadržaj rada:	Slika: 8 Tablica: 2 Navoda literature: 22
Sažetak:	U pokusnom nasadu hrasta lužnjaka istraživati će se utjecaj dugotrajnoga sušnoga razdoblja na anatomsko-fiziološke značajke lišća (koncentracija fotosintetskih pigmenata, debljina epiderme, stubastoga i palisadnoga parenhima). Istraživanje će se provesti na uzorcima iz 9 populacija, a utvrditi će se razlike između kontrolnoga i sušnoga tretmana na listovima sekundarnog porasta.

SADRŽAJ

1. UVOD 4
1.1. Taksonomija 4
1.2. Areal 4
1.3. Morfologija 5
1.4. Varijabilnost 6
1.5. Ekologija 7
1.6. Anatomska građa lista 7
2. CILJ RADA 9
3. MATERIJAL I METODE RADA 10
4. REZULTATI I RASPRAVA 12
5. ZAKLJUČAK 20
6. LITERATURA 21

1. UVOD

1.1. Taksonomija

Nadcarstvo: *Eucaryota*

Carstvo: *Plantae*

Podcarstvo: *Viridiplantae*

Odjeljak: *Tracheophyta*

Pododjeljak: *Spermatophytina*

Razred: *Magnoliopsida*

Nadred: *Rosanae*

Red: *Fagales*

Porodica: *Fagaceae*

Rod: *Quercus*

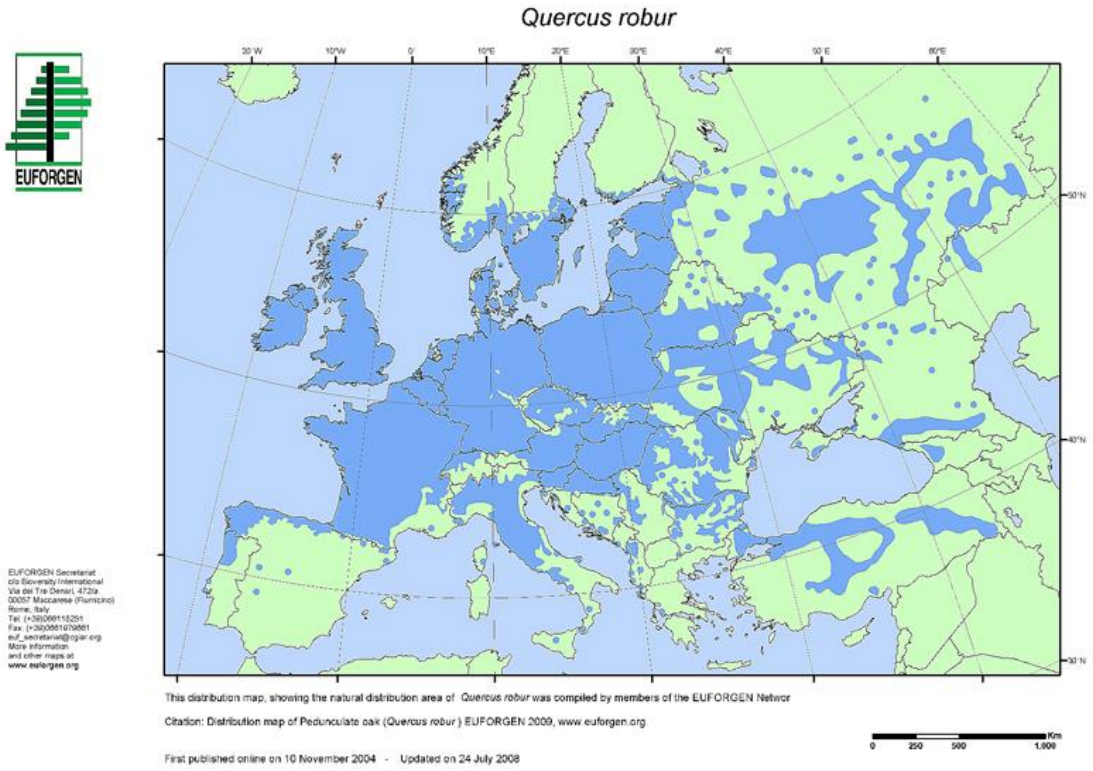
Vrsta: *Quercus robur* L.

1.2. Areal

Područje prirodne rasprostranjenosti hrasta lužnjaka obuhvaća gotovo čitavu Europu (Slika 1), od Atlantskog oceana do Urala, Kavkaza i Kaspijskog jezera; na sjeveru do Škotske i Skandinavije (do 63˚ sjev. zem. širine), na jugu do sjeverne Afrike. U južnim dijelovima areala doseže u Pirenejima do 1200 m n. v., a u Apeninima do 1100 m n. v (Jovanović i Vukičević, 1983).

Najvrijednije šumske sastojine hrasta lužnjaka se u Hrvatskoj rasprostiru na dobro naplavljenom tlu u nizinama rijeka Save, Drave i Kupe i njihovim pritocima, no nalazimo ga i izvan tog područja. Svoj optimum postiže u Posavini u šumskom bazenu Spačva (Trinajstić 1974, Trinajstić 1996).

Slika 1. *Prikaz područja prirodne rasprostranjenosti hrasta lužnjaka.*



1.3. Morfologija

Hrast lužnjak je listopadno drvo iz roda *Quercus*, porodice *Fagaceae.* Narodni nazivi su mu dub, lužnik, gnjilec, hrastovina, rošnjak ili rani hrast. Vrsta je koja može doseći visine oko 30 – 40 m, ponekad čak i do 50 m, sa prsnim promjerom do 2,5 m. Ima bogato razgranjenu krošnju, nepravilnih i krivudavih grana, te može doživjeti do 1000 (2000) godina. Kora je debela, tamnosiva, duboko uzdužno izbrazdana (Idžojtić 2004).

Izbojci su bridasti, svijetlosmeđi, djelomično mogu biti pokriveni bjelkastim slojem epiderme; goli, sjajni, te posuti svijetlijim lenticelama. Pupovi su spiralno raspoređeni, jajasti, tupog vrha te pokriveni većim brojem ljusaka koje su raspoređene u nekoliko uzdužnih nizova. Ožiljak otpalog lista je srcast, svijetlosmeđe boje, s mnogobrojnim tragovima provodnih snopića (Idžojtić 2004).

Hrast lužnjak je jednodomna vrsta s jednospolnim cvjetovima. Soliterna stabla cvjetaju nakon 20. godine starosti, dok stabla u sastojini cvjetaju kasnije, nakon 30. ili 40. godine. Cvjetovi su anemofilni i sitni, neuočljivi i nalaze se u visećim resama. Cvijeta u travnju, za vrijeme listanja. Puni urod slijedi nakon godine u kojoj je urod izostao ili je jako slab. Plod je žir, pojedinačan ili do 5 žireva zajedno, na dugačkoj zajedničkoj stapci. Dozrijevaju u rujnu iste godine, te ubrzo otpadaju, nakon čega se šire pomoću životinja (zoohorno) (Idžojtić 2013). Po obliku i veličini su vrlo varijabilni, obično je svijetlosmeđe do žućkaste boje, s tamnijim uzdužnim prugama. Kupula pokriva 1/3 do 1/2 žira.

List je zeljast, jednostavan, obrnuto jajast do duguljasto obrnuto jajast, zaobljenog vrha, cijelog ruba, te uhorkaste ili srcaste osnove. Ima peraste režnjeve, na svakoj strani s tri do šest režnjeva. Odozgo je tamnozelene boje, gol i sjajan, a odozdo je svijetlozelen do plavkastozelen i također gol. Peteljka je gola, a nervatura lista je perasto mrežasta. U jesen lišće postaje žućkastosmeđe boje i otpada (Idžojtić 2009).

Korijenski sustav je snažno razvijen, sa žilom srčanicom koja prodire više od 2 m u dubinu, te kod mladih biljaka čini gotovo jedini element korijenskog sustava. Nakon 30. godine života prevladava bočno korijenje koje se širi koso i horizontalno. U plitkom tlu i u tlu s visokom razinom podzemne vode rast žile srčanice vrlo brzo prestaje.

1.4. Varijabilnost

Hrastovi se smatraju jednim od najvarijabilnijih vrsta šumskog drveća. Rod *Quercus* dijeli se na dva podroda: *Euqercus* i *Cyclobalanopsis*. Podrod *Euquercus* se dalje dijeli u četiri sekcije: *Rubrae, Protobalanus, Cerris* i *Quercus*. Hrast lužnjak sa hrastom kitnjak spada u zadnju sekciju, *Quercus*. Kod vrsta iz roda *Quercus* postoji značajna varijabilnost unutar vrsta, koja je rezultat velike hibridizacije između vrsta. Genetska varijabilnost između stabala unutar neke populacije jače je izražena nego varijabilnost između samih populacija (Krstinić i dr. 1996, Bogdan 2009, Katičić-Bogdan 2012). Visoki nivo varijabilnosti pripisuje se i njegovoj velikoj geografskoj rasprostranjenosti te protoku gena na velike udaljenosti (anemofilno oprašivanje). Osim morfoloških razlika, zapažene su i velike razlike između fenoloških značajki te rasta.

1.5. Ekologija

Hrast lužnjak je heliofilna, mezofilna, higrofilna vrsta šumskog drveća. Ima dugi vegetacijski period koji je vrlo plastičan ovisno o populacijama. Optimalno se razvija u području umjereno tople kišne klime kontinentalnog područja, gdje su srednje godišnje temperature od 10 – 11 ˚C i srednje godišnje količine oborina od 600 – 900 mm. Osjetljiv je na kasne mrazove, ali može izdržati visoke temeperature. Raste obično u ravnicama i dolinama na dubokom, pješčanom ili ilovastom, plodnom, svježem ili vlažnom zemljištu koje je povremeno plavljeno. Raste i na zemljištima koja nisu na površini plodna ako u dubljim slojevima sadrže dovoljno vode i hranjivih tvari. U doba vegetacije osjetljiv je na vodu stajaćicu (Jovanović i Vukičević 1983).

1.6. Anatomska građa lista

List je vegetativni biljni organ koji vrši asimilaciju i transpiraciju (Mauseth 2003). S obzirom na to da se razvija u atmosferi, tijekom evolucije se razvio velik broj različitih oblika listova, misleći pri tome na morfološku, a ne anatomsku građu lista. U usporedbi s ostalim vegetativnim organima biljke (stabljika i korijen), list je daleko najjače diferenciran (Dickison 2000, Evert 2006).

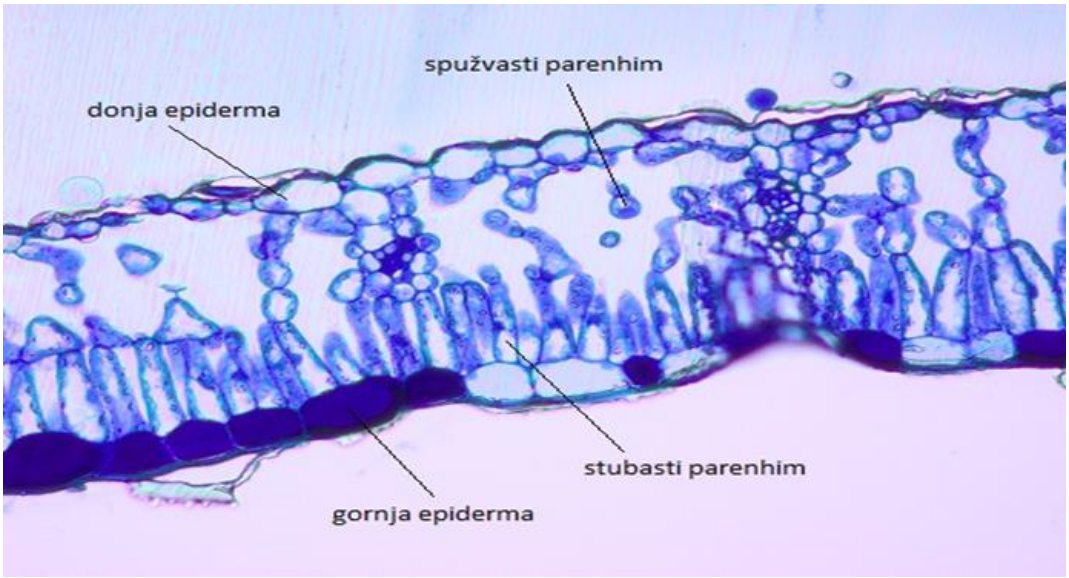
List hrasta lužnjaka spada u skupinu dorziventralnih (bifacijalnih) listova kod kojih možemo razlikovati donju i gornju stranu (Dickison 2000, Mauseth 2003, Evert 2006). Sukladno tome, i epiderma dorziventralnog lista je diferencirana na donju i gornju. Funkcija epiderme je zaštita unutarnjeg tkiva, odnosno parenhima, od štetnih utjecaja vanjskih čimbenika. prevelikog i prenaglog gubitka vode i od prekomjernog zagrijavanja unutrašnjosti lista. Stanice epiderme ne sadrže kloroplaste (osim stanica zapornica kod puči) (Dickison 2000, Evert 2006).

Prema Mauseth (2003) i Lambers i dr. (2008), debljina epiderme može biti dobar pokazatelj ekoloških prilika u kojima se jedinka razvija, što nam govori o tome kako je deblja epiderma pokazatelj prilagodbe jedinke na suše stanište. Prema tome, jedinke koje imaju deblju epidermu efikasnije sprječavaju nekontrolirani gubitak vode

evapotranspiracijom iz unutrašnjeg staničja (parenhima). Donja epiderma se razlikuje od gornje po tome što sadrži puči, koje služe za izmjenu plinova (izlučivanje vode i kisika i usvajanje ugljikovog dioksida).

Između donje i gornje epiderme nalazi se parenhimsko (temeljno) staničje ili mezofil lista koje je diferencirano na stubasti (asimilacijski) parenhim i spužvasti (transpiracijski) parenhim (Slika 2). Stanice stubastog parenhima sadrže veliki broj kloroplasta koji su bogati zelenim pigmentom (klorofilom) odgovornim za proces fotosinteze. Prema tome, funkcija stubastog parenhima je asimilacijska. Između stubastog parenhima i donje epiderme nalazi se spužvasti parenhim. Njega čine stanice sa mnogo intercelularnih prostora, koji su međusobno povezani i preko puči u kontaktu sa atmosferom. Prema tome, funkcija spužvastog parenhima je prvenstveno transpiracijska (izlučivanje vodene pare iz lista) (Dickison 2000, Mauseth 2003, Evert 2006).

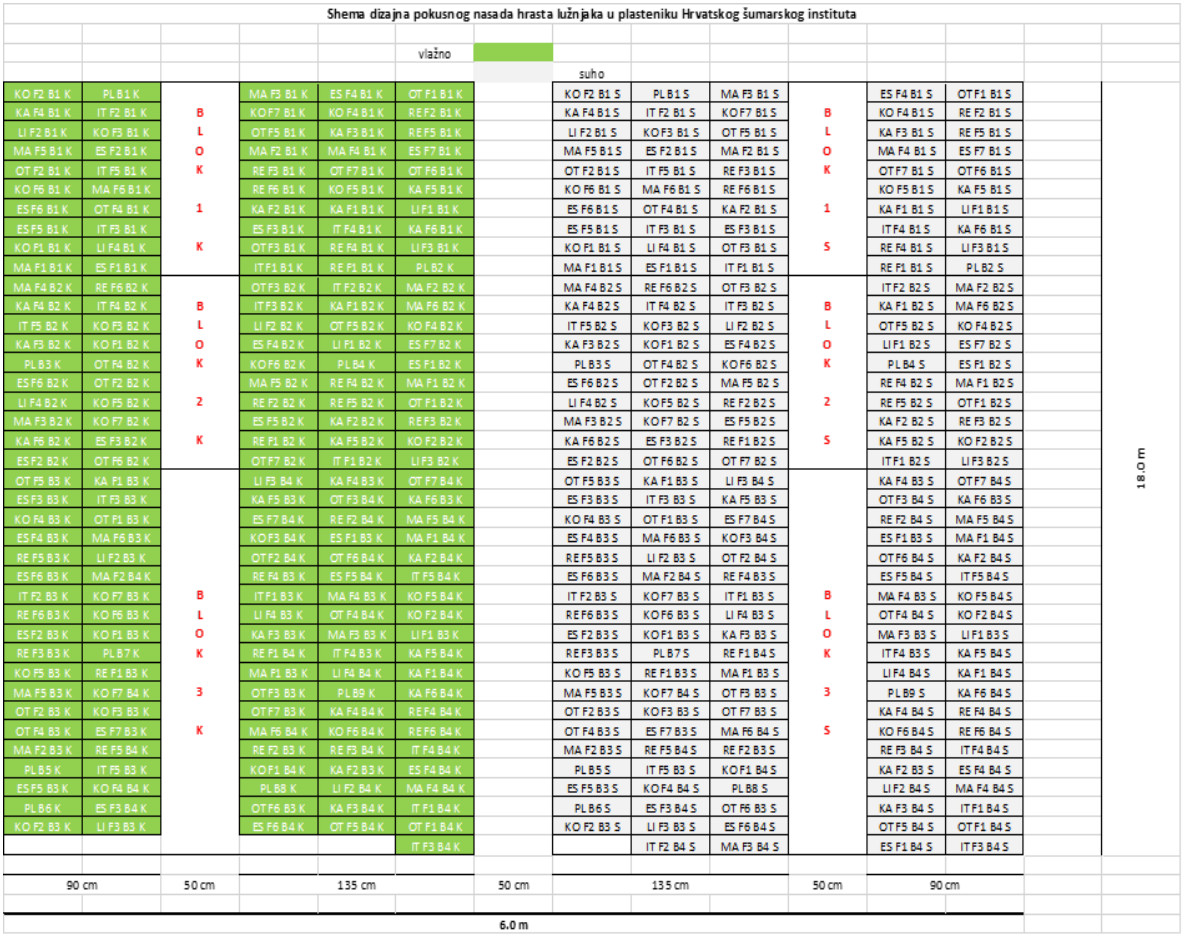
Slika 2. *Anatomska građa lista hrasta lužnjaka prikazana na poprečnom presjeku.*



2. CILJ RADA

U pokusnom nasadu hrasta lužnjaka u plasteniku Hrvatskog šumarskog instituta biljke iz devet populacija (Estonija, Litva, Mađarska, Poljska, Italija, Repaš, Otok, Karlovac, Koška) bile su posađene u blokovima gdje je jedan dio biljaka bio u suši, a drugi dio u kontroli sa stalnim navodnjavanjem (Slika 3). Cilj rada je mjeriti određene anatomske značajke lista (ukupnu debljinu lista, debljinu asimilacijskog parenhima, debljinu donje, te debljinu gornje epiderme) na ljetnim listovima, te usporediti navedene značajke između listova biljaka koje su bile u suši i koje su bile u kontroli.

Slika 3. *Shema dizajna pokusnog nasada hrasta lužnjaka u plasteniku Hrvatskog šumarskog instituta.*



3. MATERIJAL I METODE RADA

Iz pokusnog nasada hrasta lužnjaka u plasteniku Hrvatskog šumarskog instituta uzet je po jedan list sa svakog stabla. Zatim je iz srednjeg dijela svakog uzorkovanog lista izrezan maleni komadić (cca 3x10 mm) koji je fiksiran u 1 % glutanaldehidu u 0.005 M fosfatnom puferu (pH = 6.8) na + 4 ºC tijekom 24 h. Dehidriran u 2-metoksietanolu, etanolu, n-propanolu i n-butanolu (dva puta u svakom od njih) i uklopljen u methacrylate resin (Historesin, Leica). Zatim su mikrotomom rezani 3 µm debeli odsječci listova (Slee Mainz CUT 5062) koji su postavljeni u kap destilirane vode na predmetna stakalca. Voda je potom isušena a odsječci su se zalijepili za predmetna stakalca. Prerezi su nakon toga bojani s biljnim bojilom Toluidine blue O u benzoatnom puferu reakcije pH = 4,4 (Feder i O'Brien, 1986).

Fotografiranje pripremljenih odsječaka obavljeno je pomoću digitalne kamere (Olympus U-CMAD3) montirane na svjetlosni mikroskop (Olympus BX 41) pri povećanju od 200x. Svaki od ukupno tri odsječka jedanput je fotografiran. Nakon toga, na snimljenim fotografijama pomoću softwerskog paketa analySIS obavljena je izmjera sljedećih anatomskih značajki:

debljina lista – DL

debljina stubastog parenhima – DStP

debljina gornje epiderme – DGE

debljina donje epiderme – DDE

debljina spužvastog parenhima – DSpP nije izravno mjerena već je izračunata kao razlika između ukupne debljine lista i ostalih slojeva: DSpP = DL – (DStP+DGE+DDE).

Navedene značajke (DstP, DGE i DDE) mjerene su na ukupno 5 slučajno odabranih stanica raspoređenih na unaprijed zadanoj dužini fotografiranog odsječka od 250 µm. Debljina lista također je mjerena 5 puta na svakom odsječku također na dužini fotografiranog odsječka od 250 µm. Na temelju 5 mjerenja izračunata je prosječna vrijednost debljine svakog sloja (DL, DStP, DSpP, DGE i DDE) za svaka od tri presjeka.

Pomoću standardne statističke procedure (Sokal i Rohlf 1981) napravljena je deskriptivna statistička analiza mjerenih i izvedenih varijabli. Sve statističke analize napravljene su uz pomoć programskog paketa STATISTICA (StatSoft 2007).

4. REZULTATI I RASPRAVA

Debljina lista hrasta lužnjaka koja je utvrđena u ovom istraživanju iznosila je između 102 i 189 μm što je uglavnom uskladu s rasponom vrijednosti debljine lužnjakova lista koja se navodi u literaturi (usp. Nikolić i dr. 2005, Valladares i dr. 2002). Gornja je epiderma kod svih biljaka uključenih u istraživanje bila deblja u odnosu na donju (Tablica 1) što je također u skladu s literaturnim podacima (usp. Valladares i dr. 2002, Nikolić i dr. 2005). Činjenica da je gornja epiderma deblja u odnosu na donju može se povezati s prilagodbom biljaka na bolju otpornost na zaraze patogenim gljivama i mehanička oštećenja lista koji najčešće dolaze s gornje strane lista (Mauseth 2003).

Tablica 1. *Aritmetičke sredine i standardne devijacije izmjerenih anatomskih značajki listova*

Tretmani	Populacija	x̄ *ukupna debljina* (μm)	σ *ukupna debljina* (μm)	x̄ *donja epiderma* (μm)	σ *donja epiderma* (μm)	x̄ *gornja epiderma* (μm)	σ *gornja epiderma* (μm)	x̄ *asimilacijski parenhim* (μm)	σ *asimilacijski parenhim*	x̄ *transpiracijski parenhim* (μm)	σ *transpiracijski parenhim* (μm)
Kontrola	Karlovac	123,4	1,6	15,7	1,2	17,6	1,6	37,6	2,2	52,5	2,3
Kontrola	Estonija	152,7	10,8	14,3	1,1	20,3	6,5	62,5	6,7	55,6	6,1
Kontrola	Poljska	130,6	2,8	14,2	1,2	18,2	3,3	51,8	9,1	46,5	12,4
Kontrola	Litva	118,8	8,0	14,2	2,1	21,0	0,5	47,9	5,9	35,6	5,2
Kontrola	Mađarska	108,8	5,8	13,3	1,2	17,5	1,0	41,7	2,3	35,9	5,1
Kontrola	Koška	114,1	2,1	13,0	1,7	16,1	1,3	41,9	4,2	43,1	4,9
Kontrola	Otok	118,6	14,9	14,6	1,5	16,5	1,3	33,5	0,8	54,0	14,8
Kontrola	Italija	130,4	13,1	13,7	3,3	20,6	1,6	39,5	3,1	56,6	13,2
Kontrola	Repaš	126,7	2,4	12,1	0,5	18,9	2,2	45,0	1,0	50,7	3,8
Suša	Karlovac	139,9	1,7	13,6	0,5	16,6	1,4	51,6	0,5	58,1	3,1
Suša	Estonija	156,3	1,6	15,4	1,5	26,5	2,7	59,4	4,5	55,0	5,4
Suša	Poljska	147,1	16,7	12,3	1,2	22,1	3,0	41,2	2,3	71,5	12,3
Suša	Litva	120,4	1,0	12,6	1,0	16,7	2,6	36,5	2,9	54,6	4,7
Suša	Mađarska	126,4	11,1	14,2	1,1	20,9	5,2	39,5	0,5	51,9	6,8
Suša	Koška	121,3	1,4	9,7	1,5	17,7	2,0	46,7	1,1	47,2	1,8
Suša	Otok	123,2	3,2	14,0	0,7	18,4	1,6	39,3	2,4	51,4	1,5
Suša	Italija	146,0	4,1	11,8	0,1	16,5	0,6	53,7	2,6	64,0	5,6
Suša	Repaš	176,2	18,6	12,5	1,6	15,9	2,9	57,8	7,6	89,9	10,4

Prema svim analiziranim značajkama utvrđena je statistički značajna razlika između populacija (Tablica 2), što ukazuje na određenu diferencijaciju populacija s obzirom na promatrane anatomske značajke. Intenzitet i uzorak diferencijacije trebalo bi detaljnije istražiti povećanjem uzorka (broja analiziranih listova i uzorkovanjem kroz nekoliko godina).

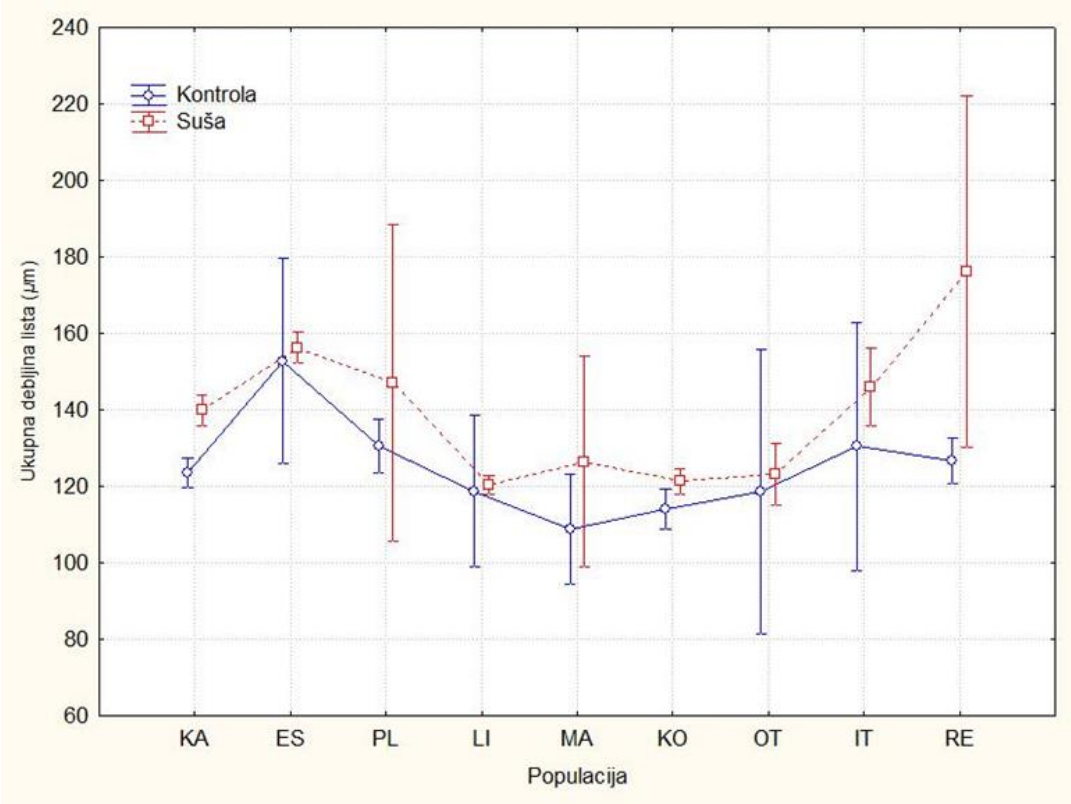
Tablica 2. *Analiza varijance istraživanih anatomskih značajki*

	ukupna debljina	***donja epiderma***	***gornja epiderma***	***asimilacijski parenhim***	***transpiracijski parenhim***
Tretmani	0,000**	0,019*	0,485	0,022*	0,000**
Populacija	0,000**	0,003**	0,005**	0,000**	0,000**

** - $p < 0,01$; * - $0,01 > p < 0,05$

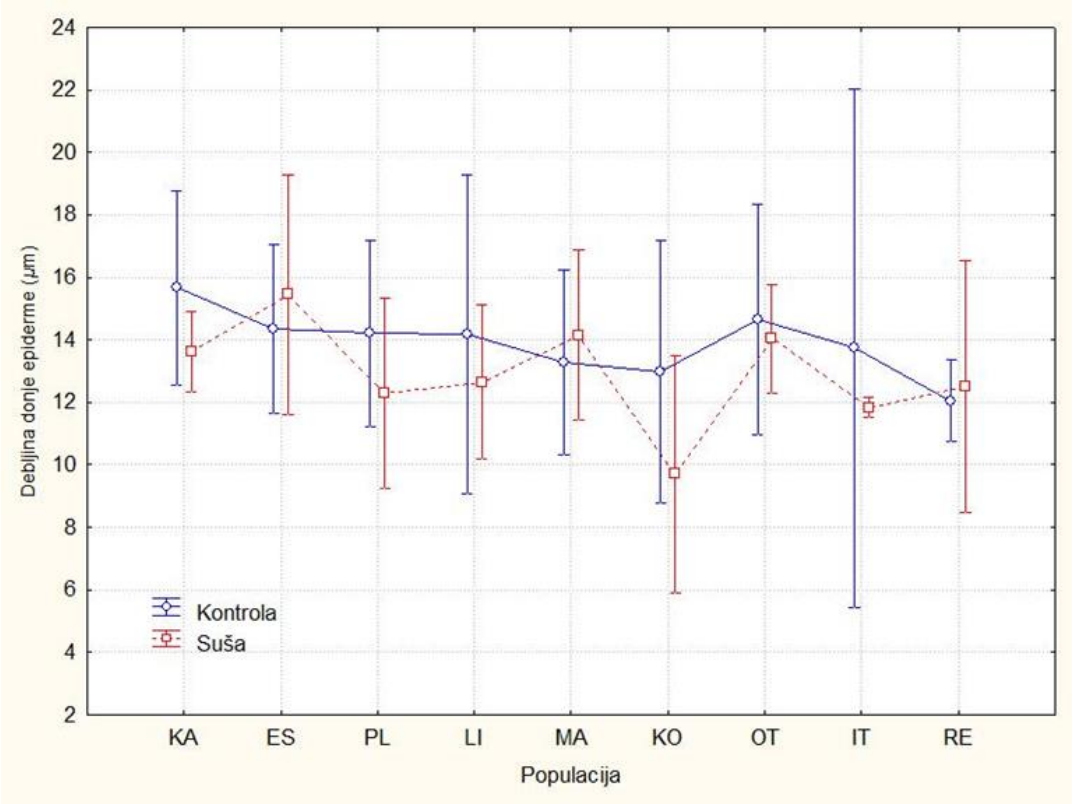
U kontroli prosječno najveću ukupnu debljinu lista imala je populacija Estonija (152,7 μm), dok je prosječno najmanju ukupnu debljinu lista imala populacija Mađarska (108,8 μm). U suši je prosječno najveću ukupnu debljinu lista također imala Estonija (156,3 μm), dok je prosječno najmanju ukupnu debljinu lista imala Litva (120,4 μm). Što se tiče standardne devijacije, u kontroli najveća odstupanja kod ukupne debljine lista pokazuje populacija Otok (14,9 μm), dok najmanja odstupanja pokazuje populacija Karlovac (1,6 μm). Što se tiče suše, najveća odstupanja pokazuje populacija Repaš (18,6 μm), a najmanju Litva (1,0 μm).

Slika 4. *Ukupna debljina lista.*



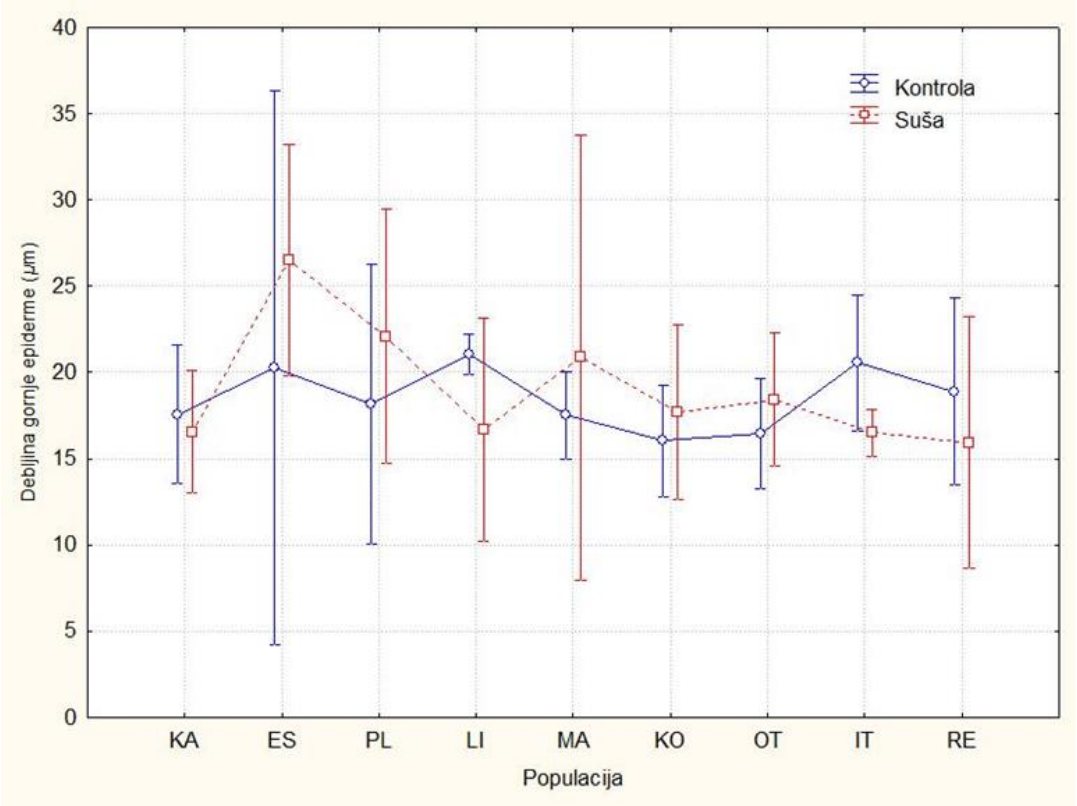
U kontroli, prosječno najdeblju donju epidermu imala je populacija Karlovac (15,7 µm), dok je prosječno najmanju debljinu donje epiderme imala populacija Repaš (12,1 µm). U suši, prosječno najdeblju donju epidermu je imala populacija Estonija (15,4 µm), dok je prosječno najmanju debljinu donje epiderme imala populacija Koška (9,7 µm). U kontroli, najveća odstupanja kod debljine donje epiderme imala je Italija (3,3 µm), dok je najmanja odstupanja imala populacija Repaš (0,5 µm). U suši pak rezultati pokazuju obrnuta odstupanja. Najveća odstupanja kod debljine donje epiderme pokazuje populacija Repaš (1,6 µm), dok najmanja odstupanja pokazuje populacija Italija (0,5 µm).

Slika 5. *Debljina donje epiderme.*



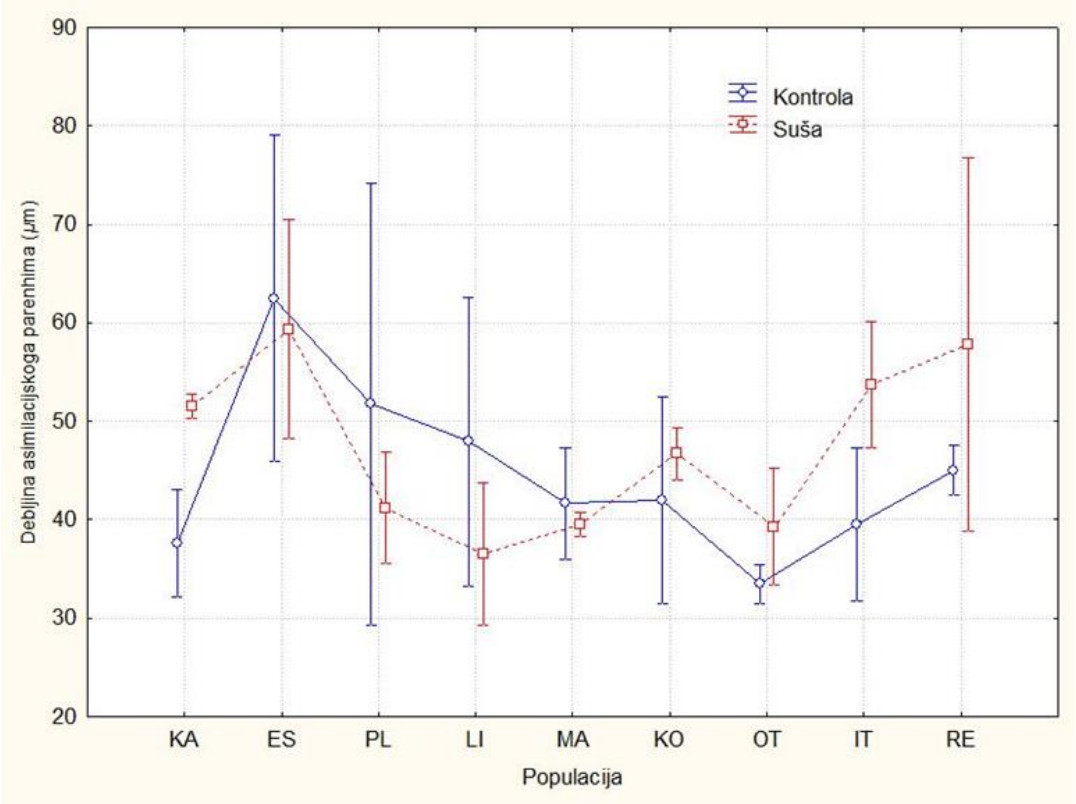
U kontroli prosječno najdeblju gornju epidermu imala je Litva (21,0 µm), dokje namanju debljinu gornje epiderme imala populacija Koška (16,1 µm). U suši je prosječno najdeblju gornju epidermu imala Estonija (26,5 µm), dok je prosječno najmanju debljinu gornje epiderme imala populacija Repaš (15,9 µm). Što se tiče standardne devijacije, u kontroli najveća odstupanja pokazuje Estonija (6,5 µm), dok najmanja odstupanja pokazuje populacija Litva (0,5 µm). U suši je lišće iz populacije Mađarska pokazalo najveća odstupanja (5,2 µm), dok je Italija imala najmanja odstupanja (0,6 µm).

Slika 6. *Debljina gornje epiderme.*



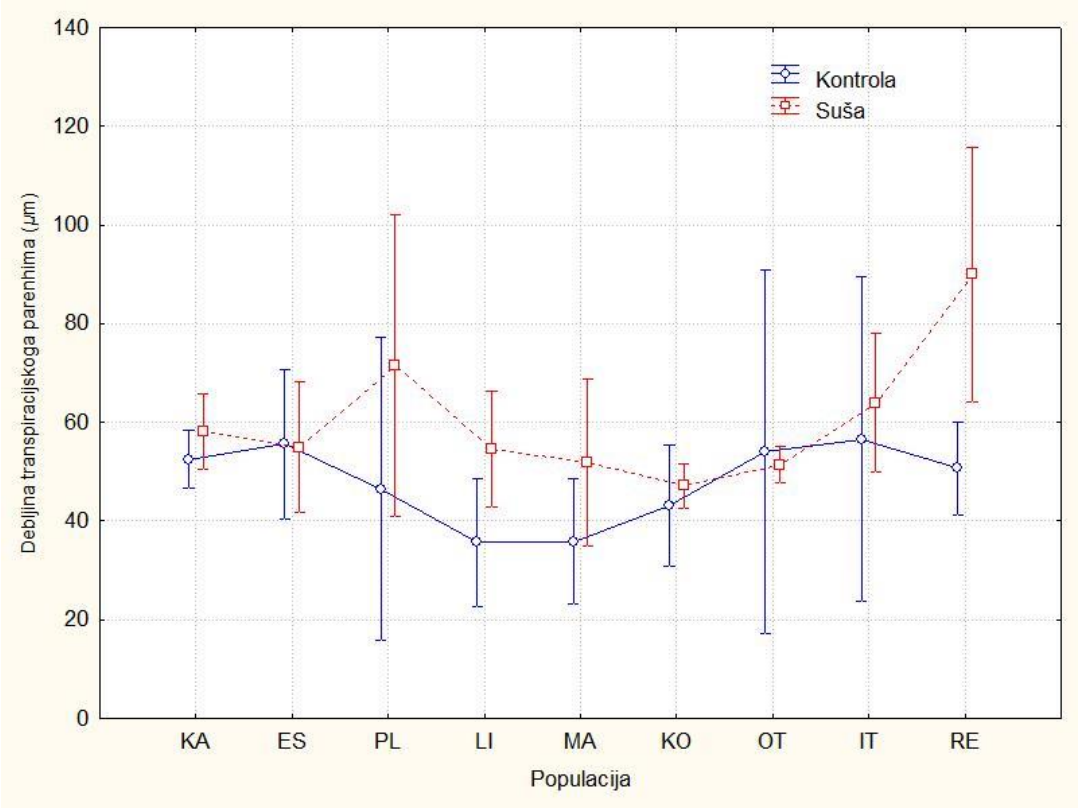
Što se tiče asimilacijskog parenhima, u kontroli je najveću prosječnu debljinu imala populacija Estonija (62,5 µm), dok je najmanju prosječnu debljinu imala populacija Otok (33,5 µm). U suši je također najveće vrijednosti imala Estonija (59,4 µm), dok je najmanje imala populacija Litva (36,5 µm). U kontroli je najveću standardnu devijaciju imala Poljska (9,1 µm), dok je najmanju imala populacija Otok (0,8 µm). U suši je najveću st. devijaciju imala populacija Repaš (7,6 µm), dok su najmanja odstupanja imale populacije Karlovac i Mađarska (0,5 µm).

Slika 7. *Debljina asimilacijskog parenhima.*



U kontroli je prosječno najdeblji transpiracijski parenhim imala populacija Italija (56,6 µm), dok je Litva imala najmanju debljinu (35,6 µm). U suši je prosječno najdeblji trasnpiracijski parenhim imala populacija Repaš (89,9 µm), dok je populacija Koška imala najmanju debljinu (47,2 µm). Što se tiče odstupanja, u kontroli je najveću standardnu devijaciju imala populacija Otok (14,8 µm), dok je najmanju imala populacija Karlovac (2,3 µm). U suši je pak najveća odstupanja imala populacija Koška (12,3 µm), dok je populacija Otok pokazala najmanja odstupanja (1,5 µm).

Slika 8. *Debljina transpiracijskog parenhima.*



Za sve analizirane anatomske značajke osim za debljinu gornje epiderme utvrđena je statistički značajna razlika između jedinki izloženih suši i kontrolnih jedinki (Tablica 2). Tako se generalno može reći da jedinke rasle u suši imaju deblje listove u odnosu na jedinke u kontroli (Slika 4). Isto tako jedinke rasle u suši uglavnom imaju deblji sloj transpiracijskoga parenhima u odnosu na kontrolne jedinke. Pri tome ima nekoliko izuzetaka (populacija Otok, Slika 8).

Što se tiče asimilacijskoga parenhima većina jedinki raslih u suši ima deblji sloj asimilacijskoga parenhima u odnosu na jedinke u kontroli. Međutim zanimljivo je da neke jedinke iz sjevernih populacija (Litva, Poljska, Estonija) imaju deblji asimilacijski parenhim u kontroli nego u suši. U literaturi se često navodi da je deblji stubasti parenhim, deblji spužvati parenhim kao i ukupno deblji list česta anatomska prilagodba na sušu (usp. Gratani i dr. 2003, Ennajeh i dr. 2010). Pri tome je osobito važna debljina asimilacijskoga parenhima kao prilagodba koja omogućuje više mjesta na kojima se odvija asimilacija CO_2 koja je u uvjetima sušnoga stresa često reducirana (usp. Ennajeh i dr. 2010). Na temelju svih rezultata može se pretpostaviti da su sjeverne populacije slabije reagirale na sušni stres, te da su na njega bolje prilagođene svojom anatomskom građom lista. Ipak za kvalitetnije

zaključke o prilagodbi anatomske građe listova na sušni stres kod istraživanih populacija potrebno je proširiti istraživanja na veći broj jedinki i više anatomskih značajki.

5. ZAKLJUČAK

Debljina lista hrasta lužnjaka koja je utvrđena u ovom istraživanju iznosila je između 102 i 189 μm što je uglavnom uskladu s rasponom vrijednosti debljine lužnjakova lista koja se navodi u literaturi.

Gornja je epiderma kod svih biljaka uključenih u istraživanje bila deblja u odnosu na donju što je također u skladu s literaturnim podacima

Prema svim analiziranim značajkama utvrđena je statistički značajna razlika između populacija, što ukazuje na određenu diferencijaciju populacija s obzirom na promatrane anatomske značajke.

Za sve analizirane anatomske značajke osim za debljinu gornje epiderme utvrđena je statistički značajna razlika između jedinki izloženih suši i kontrolnih jedinki.

Na temelju svih rezultata može se pretpostaviti da su sjeverne populacije svojom anatomskom građom lista bolje prilagođene na sušni stres.

Za kvalitetnije zaključke o prilagodbi anatomske građe listova na sušni stres kod istraživanih populacija potrebno je proširiti istraživanja na veći broj jedinki i više anatomskih značajki.

6. LITERATURA

1. Bogdan, S., Katičić-Trupčević, I., Kajba, D. 2004: Genetic Variation in Growth Traits in a *Quercus robur* L. OpenPollinated Progeny Test of the Slavonian Provenance. Silvae Genetica 53 (5-6), 198.-201.
2. Dickison, W. C. 2000: Integrative plant anatomy. Academy Press, San Diego, str.533.
3. Ennajeh, M., Vadel, A.M., Cochard, H., Khemira, H. 2010. Comparative impacts of water stress on the leaf anatomy of a drought-resistant and a drought-sensitive olive cultivar. Journal of Hirticultural Science & Biotechnology 85(4): 289.-294.
4. Evert, R. F. 2006: Esau's Plant Anatomy, 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc., New Yersey, str. 601.
5. Feder, N., O´Brien, T. P. 1968: Plant microtecnique: some principles and new methods. Amer. J. Bot. 55(1): 123.-142.
6. Gratani, L., Meneghini, M., Pesoli, P., Crescente, M.F. 2003. Structural and functional plasticity of Quercus ilex seedlings of different provenances in Italy. Trees 17:515–21.
7. Idžojtić, M. 2004: Listopadno drveće i grmlje u zimskom razdoblju. Šumarski fakultet, Zagreb, str. 187.
8. Idžojtić, M. 2009: Dendrologija list. Šumarski fakultet, Zagreb, str. 649.
9. Idžojtić, M. 2013: Dendrologija cvijet, češer, plod, sjeme. Šumarski fakultet, Zagreb, str. 479.
10. Jovanović, B., Vukičević, E. 1983: Hrast lužnjak. U: Šumarska enciklopedija, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 74.-75.
11. Katičić-Bogdan, I. 2012: Genetska raznolikost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u klonskim sjemenskim plantažama u Hrvatskoj. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilište u Zagrebu, str. 166.
12. Krstinić, A., Trinajstić, I., Gračan, J., Franjić, J., Kajba, D., Britvec, M. 1996: Genetska izdiferenciranost lokalnih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Hrvatskoj. U: Matić, S., Gračan, J., (ur.) Skrb za hrvatske šume od 1846. do 1996. Zaštita šuma i pridobivanje drva 2, Hrvatsko šumarsko društvo, Zagreb, !59.-168.
13. Lambers, H., Chapin III, F. S., Pons, T. L. 2008: Plant Psysiological Ecology, 2. izd., Springer Science, str. 540.

14. Mouseth, J. D. 2003: Botany an introduction to plant biology, University of Texas, Austin, str. 848.
15. Nikolić, N., Merkulov, LJ., Pajević, S., Krstić, B. 2005. Variability of leaf anatomical characteristics in Pedunculate oak genotypes (*Quercus robur* L.). U: Gruev, B, Nikolova M, Donev A (ur.) Proceedings of the Balkan scientific conference of biology in Plovdiv (Bulgaria) from 19th till 21st of May 2005, p. 240.-247.
16. Sokal, R. R., Rohlf, F. J. 1981: Biometry. Freeman and CO, San Francisco, str. 368.
17. StatSoft, Inc. 2007: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com
18. Trinajstić, I. 1974: *Quercus* L. Anal. Fl. Jugosl. 1: 460.-481.
19. Trinajstić, I. 1996: Taksonomska problematika hrasta lužnjaka u Hrvatskoj. U: Klepac, D. (ur.) Hrast lužnjak u Hrvatskoj, HAZU – Hrvatske šume, Vinkovci-Zagreb, 96.-101.
20. Valladares, F., Chico, J. M., Aranda, I., Balaguer, L., Dizengremel, P., Manrique, E., Dreyer, E. 2002: Greater seeding high-tolerance of *Quercus robur* over *Fagus sylvatica* is linked to a greater physological plasticity. Trees 16: 395.-403.
21. http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=19405
22. http://www.euforgen.org/fileadmin//templates/euforgen.org/upload/Publications/Technical_guidelines/1038_Technical_guidelines_for_genetic_conservation_and_use_for_Pedunculate_and_sessile_oaks__Quercus_robur__and__Quercus_petraea_.pdf; Ducousso, A. and S. Bordacs. 2004. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for pedunculate and sessile oaks (*Quercus robur* and *Q. petraea*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.