

Željko Škvorc<sup>1</sup>, Krunoslav Sever<sup>1</sup>, Saša Bogdan<sup>1</sup>, Daniel Krstonošić<sup>1</sup>,  
Ivana Alešković<sup>1</sup>, Martina Temunović<sup>1</sup>, Jelena Dobraš<sup>2</sup>, Jozo Franjić<sup>1</sup>

## VARIJABILNOST FIZIOLOŠKO-MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA HRASTA LUŽNJAKA (*QUERCUS ROBUR* L.) U KLONSKOM TESTU – PRVI REZULTATI

### VARIABILITY OF PHYSIOLOGY – MORPHOLOGICAL TRAITS IN OF PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR* L.) IN A CLONAL TRIAL – INITIAL RESULTS

#### SAŽETAK

U radu su prikazani rezultati istraživanja genetske varijabilnosti klonova hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) koji potječu iz različitih klonskih sjemenskih plantaža (KSP) s obzirom na specifičnu lisnu površinu (SLA), sadržaj suhe tvari listova (LDMC) i indeks sadržaja ukupnoga klorofila u listovima (CCI) te varijabilnost navedenih svojstava s obzirom na značajke ranoga, odnosno kasnoga listanja (svojstvo listanja). U radu je utvrđena i ovisnost razvoja vegetativnih organa (izbojaka i listova) o SLA, LDMC i CCI.

Istraživanje je provedeno na 15 klonova koji se nalaze u pokusnom nasadu Brestje kod Sesveta. Klonovi u tome pokusu potječu iz tri KSP-e u Hrvatskoj. KSP Petkovic i Plešćice s područja Uprave šuma Podružnice (UŠP), Vinkovci i Bjelovar u istraživanju su bile zastupljene sa šest klonova, dok je KSP Kosovac s područja UŠP Našice bila zastupljena s tri klona, svaki klon u istraživanju bio je zastupljen s dvije ramete (ukupno 30 rameta).

Analizom varijance utvrđeno je kako se značajna varijabilnost istraživanih svojstava, kada su KSP-e kao i klonovi unutar njih smatrane izvorom varijabilnosti, potvrdila samo za svojstvo SLA. Statistički značajne razlike između skupina klonova sa značajkama ranoga, odnosno kasnoga listanja nisu utvrđene niti za jedno istraživano svojstvo, ali kada su izvor varijabilnosti predstavljali klonovi ugniježđeni unutar skupina sa značajkama ranoga, odnosno kasnoga listanja statistički značajna varijabilnost potvrđena je također samo za svojstvo SLA.

Ramete unutar jednoga klona statistički se značajno razlikuju za istraživana svojstva LDMC, CCI i duljinu izbojka, dok za svojstva SLA i promjer izbojka nije utvrđena statistički značajna razlika. Iz toga se može zaključiti kako je utjecaj pod-

<sup>1</sup> Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb

<sup>2</sup> Livadarska 30c, 10430 Vrbovec

loge na većinu fiziološko-morfoloških svojstava rameta unutar jednoga klona značajan.

Utvrđena je statistički značajna negativna ovisnost vegetativnoga rasta (visinski prirast, promjer izbojka, dužina izbojka i površina lista) o LDMC. Osim toga, utvrđena je statistički značajna pozitivna ovisnost između CCI i promjera izbojka te između SLA i visinskoga prirasta.

**ključne riječi:** SLA, LDMC, CCI, klonske sjemenske plantaže, vegetativni rast

## UVOD

### INTRODUCTION

Fiziološko-morfološka svojstva biljaka, kao što su specifična lisna površina (SLA) koja predstavlja odnos površine i mase suhe tvari listova, sadržaj suhe tvari listova (LDMC), koji predstavlja odnos između mase listova u svježem i suhom stanju, te sadržaj ukupnoga klorofila u listovima (CCI) vrlo su važna zbog svoje povezanosti s mnogobrojnim anatomsko-morfološkim i fiziološkim prilagodbama ključnima za razvoj i opstanak biljaka u različitim ekološkim uvjetima (Garnier i dr. 2001, Shipley i Vu 2002). Iz tog razloga navedena svojstva mogu poslužiti i kao dobar pokazatelj prilagodljivosti različitih jedinki iste vrste određenom staništu.

Reich i dr. (1998) utvrdili su kako je produktivnost fotosinteze u značajnoj pozitivnoj korelaciji sa SLA i sadržajem dušika u listovima. Jedinke s višom SLA za razliku od onih s nižom imaju tanje plojke listova, a takvi listovi imaju veće intercelularne prostore u spužvastom parenhimu i tanje stanične stijenke. Prema tome, anatomska građa lista koja rezultira višom SLA predstavlja manju barijeru za CO<sub>2</sub> i hranjiva koja se prenose posredstvom plazmatskih membrana i staničnih stijenki sve do kloroplasta u kojima se odvija proces fotosinteze. Hans i dr. (1998) navode kako dušik i ostala mineralna hraniva poput fosfora igraju središnju regulatornu ulogu u procesima fotosinteze jer sudjeluju u izgradnji fotosintetskih enzima, proteina i pigmenta. Stoga je pritjecanje dovoljne količine CO<sub>2</sub> i hraniva do kloroplasta neophodno za nesmetano odvijanje Calvinova ciklusa u kojemu se odvijaju procesi ugradnje CO<sub>2</sub> u organske spojeve, odnosno reakcije redukcije CO<sub>2</sub> do ugljikohidrata pomoću enzima RUBISCO (ribuloza-1,5-difosfat-karboksilaza-oksigenaza). Iz navedenih razloga jedinke s višom SLA, za razliku od onih s nižom, imaju sposobnost usvajanja veće količine CO<sub>2</sub> i produkcije ugljikohidrata koje biljka koristi za rast i razvoj vegetativnih organa, što se ogleda u većoj produkciji biomase tijekom vegetacijskoga razdoblja.

Prema dosadašnjim istraživanjima anatomsko-morfoloških svojstava listova koja su proveli Bussoti i dr. (2000), Garnier i dr. (2001), Cornellisen i dr. (2003), Yun Li i dr. (2005), Aspelmier i Leuschner (2006) te Jennifer i dr. (2007), na listopadnim vrstama utvrđena je veza između SLA i LDMC s jedne strane i produkcije biomase, sposobnosti akumuliranja i ugradnje hraniva u biljne organe i prevladavanju različitih stresnih utjecaja s druge strane.

Prema istraživanjima koja su proveli Cate i Perkins (2003), Chang i Robinson (2003), Van den Berg i Perkins (2004) te Pinkard i dr. (2006), sadržaj dušika u

listovima drvenastih vrsta moguće je procijeniti pomoću indeksa relativnoga sadržaja ukupnoga klorofila u listovima (CCI) koji je prema navedenim autorima u značajnoj pozitivnoj korelaciji sa sadržajem dušika u listovima. Otprilike polovica dušika u biljci te oko 70 posto dušika u listovima nalazi se u kloroplastima (Pevalek-Kozlina 2003), zbog čega su izražene visoke pozitivne korelacije između CCI i sadržaja dušika u listovima. Promjene u sadržaju klorofila koji se nalazi u listovima najčešće su povezane s nedostatkom hraniva (prije svega dušika), različitim oblicima okolišnoga stresa, izloženosti herbicidima i različitim svjetlosnim uvjetima tijekom rasta i razvoja biljaka.

Cilj ovoga istraživanja bio je utvrditi genetsku varijabilnost klonova hrasta lužnjaka s obzirom na analizirana fiziološko-morfološka svojstva listova (SLA, LDMC i CCI) te utvrditi ovisnost rasta vegetativnih organa o navedenim svojstvima.

## MATERIJAL I METODE

### MATERIAL AND METHODS

Istraživanje varijabilnosti fiziološko-morfoloških svojstava te njihove povezanosti s razvojem vegetativnih organa klonova hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz klonskih sjemenskih plantaža (KSP) u Hrvatskoj provedeno je na pokusnoj plohi osnovanoj s klonovima selekcioniranih plus stabala hrasta lužnjaka koja potječu s područja Uprava šuma podružnica (UŠP) Vinkovci, Našice i Bjelovar.

Istraživana su sljedeća fiziološko-morfološka svojstva: specifična lisna površina (SLA) koja predstavlja odnos površine i mase suhe tvari listova, sadržaj suhe tvari listova (LDMC) koji predstavlja odnos između mase listova u svježem i suhom stanju te sadržaj ukupnoga klorofila u listovima (CCI), koji prema van den Bergu i Perkinsu (2004) pokazuje vrlo dobre pozitivne korelacije sa sadržajem dušika u listovima te može poslužiti kao dobar pokazatelj ishranjenosti biljke dušikom.

Pokusna ploha (klonski test) osnovana je 13. ožujka 2008. godine u rasadniku Brestje, Šumarija Dugo Selo, UŠP Zagreb. Biljke u pokusu dobivene su cijepljenjem. Plemke su prikupljene 2006. godine iz postojećih KSP-a, zatim su cijepljene na pripremljene podloge u rasadniku Hajderovac kod Kutjeva. Pokusna ploha osnovana je na površini od 0,28 ha sadnjom rameta (vegetativnih kopija) sukladno eksperimentalnom dizajnu randomiziranog potpunog blok sustava s tri ponavljanja (bloka). Svaki je klon zastupljen sa po jednom rametom u pojedinom bloku, a ramete su posadene u međusobnom razmaku  $2,5 \times 2,5$  m.

## ODABIR KLONOVA UKLJUČENIH U ISTRAŽIVANJE

### SELECTION OF CLONES INCLUDE IN RESEARCH

Na odabir klonova koji su uključeni u istraživanje utjecala je metoda određivanja SLA i LDMC koja zahtijeva da biljni materijal, tj. listovi na kojima se istraživanje provodi, budu zdravi i potpuno razvijeni, bez značajnijih oštećenja od strane patogena (Garnier i dr. 2001). Kako je ovo istraživanje provedeno s ciljem upoznavanja metode određivanja fiziološko-morfoloških značajki listova te prije svega ima pre-

liminaran značaj, u istraživanje je uključeno samo 15 klonova, a svaki klon bio je zastupljen s dvije ramete (ukupno 30 rameta). Klonovi su odabrani na način da su KSP Petkovac i Pleščice s područja UŠP Vinkovci i Bjelovar u istraživanju bile zastupljene svaka sa šest klonova (12 rameta), od čega su po tri klona (šest rameta) imala svojstvo ranoga, odnosno kasnoga listanja. KSP s područja UŠP Našice u istraživanju je bila zastupljena s tri klona (šest rameta) od kojih su svi klonovi imali svojstvo ranoga listanja. Odabir klonova obavljen je i s obzirom na vrijeme listanja koje je utvrđeno prethodnim istraživanjima fenološke sinkroniziranosti klonova hrasta lužnjaka iz klonskih sjemenskih plantaža u Hrvatskoj (Franjić i dr. 2008). Spomenuto istraživanje ukazalo je na to da su se klonovi s područja UŠP-a Vinkovci i Bjelovar značajno razlikovali s obzirom na svojstvo listanja, dok su klonovi s područja UŠP Našice pokazali samo značajku ranoga listanja.

## **TERENSKA ISTRAŽIVANJA** *RESEARCH ON THE FIELD*

Terenski dio istraživanja odnosio se na sakupljanje listova za daljnje analize koje su provedene prema uputama navedenima u priručniku za standardizaciju i izmjeru funkcionalnih svojstava biljaka (Cornelissen i dr. 2001), izmjeru dužine i promjera izbojaka, te visinskoga prirasta klonova.

S rameta svih klonova uključenih u istraživanje sakupljeno je po pet listova s vršnoga izbojka. Sakupljeni listovi bili su potpuno razvijeni i bez vidljivih znakova oštećenja od strane patogena. Sakupljenim listovima, neposredno prije odstranjivanja s izbojka, izmjeren je indeks relativnoga sadržaja ukupnih klorofila pomoću klorofilmetra CCM-200, (Opti-sciences 2005) na način da je svakom listu izmjereno pet vrijednosti ukupnoga sadržaj klorofila koje su kasnije uprosječene i kao takve su predstavljale indeks relativnoga sadržaja ukupnoga klorofila svakoga pojedinog lista, odnosno klona.

Izbojcima s kojih su listovi sakupljeni izmjerena je dužina s točnošću od 0,5 cm i promjer na sredini dužine s točnošću od 0,5 mm. Na kraju vegetacijskoga razdoblja nakon odbacivanja listova svim rametama izmjerene su visine s točnošću od 0,5 cm. Oduzimanjem visina koje su rametama izmjerene prije početka vegetacijskoga razdoblja u kojemu je istraživanje provedeno od visina na kraju vegetacijskoga razdoblja dobiven je visinski prirast svake ramete.

## **LABORATORIJSKA ISTRAŽIVANJA** *RESEARCH ON THE LABARATORY*

Svi sakupljeni listovi najprije su bili podvrgnuti procesu rehidracije. Proces rehidracije proveden je tako da su peteljke listova smještene u posude s deioniziranom vodom, nakon čega su posude s listovima smještene u hladnjak, gdje su provele 24 sata na temperaturi od 4 °C.

Nakon procesa rehidracije listovima je izmjerena masa u svježem stanju pomoću analitičke vage s točnošću od 0,01 g, te im je izmjerena površina pomoću

programskoga paketa WinFolia (WinFolia 2005b). Listovi su nakon vaganja u svježem stanju i određivanja površine sušeni u sušioniku 72 sata na temperaturi od 60 °C, nakon čega su ponovno izvagani te im je na taj način određena masa suhe tvari.

SLA izražena je u m<sup>2</sup>/kg suhe tvari, a izračunata je na način da je površina lista (m<sup>2</sup>) podijeljena s masom lista u suhom stanju (kg), dok je LDMC izražen u mg/g suhe tvari, a izračunat je tako da je masa lista u suhom stanju (mg) podijeljena s masom lista u svježem stanju (g).

## STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

### STATISTICAL ANALYSIS

Prvo je obavljena deskriptivna statistička analiza s ciljem utvrđivanja prosječnih vrijednosti za istraživana svojstva, njihovih minimalnih i maksimalnih vrijednosti, kao i pripadajućih standardnih devijacija. Deskriptivna statistička analiza provedena je pomoću programskoga paketa STATISTICA 7.1. (StatSoft, Inc. 2006).

Nakon toga obavljena je analiza varijance pomoću MIXED procedure u programskom paketu SAS ver 8.1. (SAS, 2000) s ciljem utvrđivanja statističke značajnosti različitih izvora varijabiliteta (efekata). Analizirani su efekti: podrijetla, odnosno klonske sjemenske plantaže (KSP), klonova ugniježdenih unutar KSP-a, značajke ranoga ili kasnoga listanja, klonova ugniježdenih s obzirom na značajku listanja i rameta ugniježdenih unutar klonova. Svi efekti smatrani su fiksnima, izuzev rameta unutar klonova, koji su smatrani slučajnim efektom.

Ovisnost varijabli: visinski prirast rameta, dužina izbojka, promjer izbojka i površina lista u funkciji SLA, LDMC i CCI kao nezavisnih varijabli utvrđena je univarijantnom regresijskom analizom pomoću statističkog paketa STATISTICA 7.1. (StatSoft, Inc. 2006).

## REZULTATI I RASPRAVA

### RESULTS AND DISCUSSION

Osnovni podaci o fiziološko-morfološkim svojstvima klonova hrasta lužnjaka iz KSP-a prikazani su u tablici 1. Iz tablice je vidljivo kako klonovi koji pripadaju KSP-i Kosovac (UŠP Našice) imaju najmanju vrijednost SLA koja iznosi 8,00 m<sup>2</sup>/kg. Zatim slijede klonovi iz KSP-e Petkovac (UŠP Vinkovci) čiji SLA iznosi 8,86 m<sup>2</sup>/kg, a najveću vrijednost SLA imaju klonovi koji pripadaju KSP-i Plešćice (UŠP Bjelovar) koja iznosi 8,93 m<sup>2</sup>/kg.

Vrijednosti SLA klonova iz KSP-a Kosovac statistički se značajno razlikuju od klonova podrijetlom iz KSP-a Petkovac i Plešćice između kojih vjerojatno ne postoji statistički značajna razlika.

Najveće vrijednosti LDMC imaju klonovi iz KSP-e Kosovac koja iznosi 423,94 mg/g, zatim slijede klonovi iz KSP-a Plešćice s vrijednosti LDMC od 418,68 mg/g te na kraju klonovi iz KSP-a Petkovac čiji LDMC iznosi 414,38 mg/g.

Tablica 1. Deskriptivna statistička analiza SLA, LDMC i CCI klonova iz različitih KSP-a.  
*Table 1 Descriptive statistical analysis of SLA, LDMC and CCI of clones from different CSO*

SPECIFIČNA LISNA POVRŠINA – <i>SPECIFIC LEAF AREA</i>					
KSP CSO	Prosjek <i>Mean</i>	St. Dev	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	CV %
			m <sup>2</sup> /kg		
Pleščice (BJ)	8,93	1,17	6,84	12,43	13,13
Kosovac (NA)	8,00	0,79	6,91	9,99	9,91
Petkovac (VK)	8,86	1,30	6,93	13,80	14,65
Ukupno <i>Total</i>	8,71	1,21	6,84	13,80	13,87
SADRŽAJ SUHE TVARI LISTOVA – <i>LEAF DRY MATTER CONTENT</i>					
KSP CSO	Prosjek <i>Mean</i>	St. Dev	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	CV %
			mg/g		
Pleščice (BJ)	418,68	35,83	330,10	567,57	8,56
Kosovac (NA)	423,94	30,66	315,22	468,75	7,23
Petkovac (VK)	414,38	32,43	255,62	472,22	7,83
Ukupno <i>Total</i>	418,01	33,47	255,62	567,57	8,01
INDEKS SADRŽAJA UKUPNIH KLOROFILA – <i>CHLOROPHYLL CONTENT INDEX</i>					
KSP CSO	Prosjek <i>Mean</i>	St. Dev	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	CV %
Pleščice (BJ)	41,20	13,14	12,70	70,10	31,89
Kosovac (NA)	49,04	14,22	25,60	75,30	28,99
Petkovac (VK)	35,92	8,71	18,70	52,90	24,24
Ukupno <i>Total</i>	40,65	12,69	12,70	75,30	31,21

Vrijednost CCI najveća je kod klonova iz KSP-a Kosovac, a iznosi 49,24. Klonovi iz KSP-a Pleščice imaju prosječnu vrijednosti CCI od 41,20, dok klonovi iz KSP-a Petkovac imaju najnižu vrijednost CCI koja iznosi 35,92.

Kako su vrijednosti CCI proporcionalne koncentraciji dušika u listovima listopadnih vrsta drveća (usp. Chang i Robison 2003, Van der Berg i Perkins 2004, Pinkard i dr. 2006), možemo pretpostaviti da klonovi hrasta lužnjaka iz KSP-a Kosovac imaju prosječno nešto veće koncentracije dušika u listovima od klonova iz ostalih KSP-a.

Iz tablice 1 vidljivo je kako klonovi iz KSP-a Pleščice i Petkovac imaju veće vrijednosti SLA, a manje vrijednosti LDMC u odnosu na klonove iz KSP-a Kosovac koji imaju manju vrijednost SLA, a višu vrijednost LDMC. Uz to, klonovi iz KSP-a Pleščice i Petkovac imaju veći visinski prirast od klonova iz KSP-a Kosovac, što je razvidno iz tablice 2. Ovi rezultati vrlo se dobro podudaraju s navodima Westboya (1998) te Weihera i dr. (1999) koji su utvrdili kako jedinke koje imaju veće vrijednosti SLA, a manje vrijednosti LDMC imaju sposobnost brže i veće produkcije biomase, tj. vegetativnoga rasta, dok one s manjim vrijednostima SLA, a većim vrijednostima LDMC skladište i ugrađuju veće količine hraniva u svoje vegetativne organe.

Tablica 2. Deskriptivna statistička analiza visinskoga prirasta, dužine izbojka i promjera izbojka klonova iz različitih KSP-a.

*Table 2 Descriptive statistical analysis of height increment, Shoot length and Shoot diameter of clones from different CSO*

KSP CSO	VISINSKI PRIRAST – <i>HIGHT INCREMENT</i>				
	Prosjeak <i>Mean</i>	St. Dev	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	CV
			cm		%
Plešćice (BJ)	42,36	21,80	8,00	88,00	51,46
Kosovac (NA)	39,83	31,88	14,50	101,00	80,04
Petkovac (VK)	40,17	24,56	10,00	81,00	61,14
Ukupno <i>Total</i>	40,79	26,08	10,83	90,00	63,94
KSP CSO	DUŽINA IZBOJKA – <i>SHOOT LENGHT</i>				
	Prosjeak <i>Mean</i>	St. Dev	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	CV
			cm		%
Plešćice (BJ)	27,00	13,25	8,50	48,50	49,08
Kosovac (NA)	27,83	22,35	11,00	70,00	80,31
Petkovac (VK)	30,63	17,21	10,00	63,50	56,20
Ukupno <i>Total</i>	28,62	16,37	8,50	70,00	57,21
KSP CSO	PROMJER IZBOJKA – <i>SHOOT DIAMETER</i>				
	Prosjeak <i>Mean</i>	St. Dev	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	CV
			mm		%
Plešćice (BJ)	3,71	0,66	3,00	5,00	17,68
Kosovac (NA)	4,92	2,04	3,00	8,50	41,39
Petkovac (VK)	4,00	1,31	2,00	6,00	32,86
Ukupno <i>Total</i>	4,07	1,32	2,00	8,50	32,41

Prema Reichu i dr. (1998) mehanizmi raspodjele hraniva koja će biljka utrošiti na izgradnju vegetativnih organa s jedne strane ili uskladištiti u obliku rezervnih tvari s druge strane, još uvijek nisu u potpunosti poznati, bilo da se radi o hranivima koja biljka proizvodi fotosintezom (ugljikohidrati) ili ih apsorbira iz okoline pomoću korijenova sustava (mineralne tvari). Međutim, dosadašnja istraživanja ukazuju na to kako se hraniva koja biljka koristi za razvoj vegetativnih organa koriste na dva načina. Jedan način je ugradnja veće količine hraniva u metaboličke sastavnice vegetativnoga rasta (proteini, enzimi, pigmenti i dr.), što za posljedicu ima veću aktivnost metaboličkih procesa u biljci kao što su veći intenziteti fotosinteze i disanja, brži prijenos hraniva i CO<sub>2</sub> posredstvom plazmatskih membrana i dr. To na kraju rezultira bržim razvojem vegetativnih organa, a karakteristično je za biljke s višom SLA (u našem slučaju to su klonovi iz KSP Plešćice i Petkovac). U drugom slučaju dolazi do ugradnje veće količine hraniva u strukturne sastavnice vegetativnoga rasta (stanične stijenke epidermalnoga sloja stanica i mezofila lista, plazmatskih membrana i dr.), što rezultira većom mehaničkom čvrstoćom biljnih organa i povećanjem njihove otpornosti na negativne mehaničke utjecaje iz okoline

Tablica 3. Deskriptivna statistička analiza SLA, LDMC i CCI klonova s obzirom na vrijeme otvaranja pupova.  
*Table 3 Descriptive statistical analysis of SLA, LDMC and CCI of clones with regard to traits of leafing.*

RANI/KASNI EARLY/LATE	SPECIFIČNA LISNA POVRŠINA – <i>SPECIFIC LEAF AREA</i>				
	Prosjek <i>Mean</i>	St. Dev	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	CV  %
			m <sup>2</sup> /kg		
Rani – <i>Early</i>	8,66	1,09	6,91	10,94	12,60
Kasni – <i>Late</i>	8,79	1,37	6,84	13,80	15,61
Ukupno <i>Total</i>	8,71	1,21	6,84	13,80	13,87
RANI/KASNI EARLY/LATE	SADRŽAJ SUHE TVARI LISTOVA – <i>LEAF DRY MATTER CONTENT</i>				
	Prosjek <i>Mean</i>	St. Dev	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	CV  %
			m <sup>2</sup> /kg		
Rani – <i>Early</i>	420,88	31,19	315,22	567,57	7,41
Kasni – <i>Late</i>	413,71	36,47	255,62	472,73	8,82
Ukupno <i>Total</i>	418,01	33,47	255,62	567,57	8,01
RANI/KASNI EARLY/LATE	INDEKS SADRŽAJA UKUPNIH KLOROFILA – <i>CHLOROPHYLL CONTENT INDEX</i>				
	Prosjek <i>Mean</i>	St. Dev	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	CV  %
Rani – <i>Early</i>	42,92	13,05	18,70	75,30	30,40
Kasni – <i>Late</i>	37,26	11,41	12,70	61,90	30,64
Ukupno <i>Total</i>	40,65	12,69	12,70	75,30	31,21

(oštećenja od defolijatora, divljači, jakoga utjecaj vjetra i dr.), a karakteristično je za biljke s nižom SLA, koju su u našem istraživanju imali klonovi iz KSP-a Kosovac.

Isti odnos između SLA, LDMC i visinskoga prirasta može se uočiti i kod klonova s obzirom na svojstvo listanja (tablica 3), gdje se vidi kako klonovi sa značajkom ranoga listanja imaju nešto manju vrijednost SLA koja iznosi 8,66 m<sup>2</sup>/kg u odnosu na klonove sa svojstvom kasnoga listanja čiji SLA iznosi 8,79 m<sup>2</sup>/kg, a pritom imaju i manji visinski prirast u odnosu na klonove sa značajkom kasnoga listanja (tablica 4). LDMC kod klonova sa značajkom ranoga listanja nešto je viši, a iznosi 420,88 mg/g u odnosu na klonove sa svojstvom kasnoga listanja čiji LDMC iznosi 413,71 mg/g. CCI viši je kod klonova sa svojstvom ranoga listanja te iznosi 42,92 u odnosu na klonove sa svojstvom kasnoga listanja čiji CCI iznosi 37,26.

Univarijatnom regresijskom analizom provedenom na svim istraživanim rametama (30 rameta) bez obzira na to kojoj su KSP-i ili klonu pripadale utvrđeno je kako postoji negativna signifikantna ovisnost svih mjerenih značajki koje predstavljaju rast vegetativnih organa (visinski prirast, dužina izbojka, promjer izbojka i površina lista) o LDMC. Na isti način utvrđena je i pozitivna signifikantna ovisnost promjera izbojka o CCI te visinskoga prirasta o SLA (tablica 5).

Rezultati ovoga istraživanja u skladu su s navodima Lia i dr. (2005), s obzirom na to da je utvrđena statistički značajana pozitivna veza između SLA i visinskoga prirasta klonova te statistički značajna negativna veza između LDMC i visinskoga prirasta



Tablica 4. Deskriptivna statistička analiza visinskoga prirasta, dužine izbojka i promjera izbojka klonova s obzirom na svojstvo listanja.

*Table 4 Descriptive statistical analysis of height increment, Shoot length and Shoot diameter of clones with regard to traits of leafing*

RANI/KASNI EARLY/LATE	VISINSKI PRIRAST – <i>HIGHT INCREMENT</i>				CV %
	Prosjeak <i>Mean</i>	St. Dev	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	
			cm		
Rani – <i>Early</i>	40,43	25,56	10,00	101,00	63,22
Kasni – <i>Late</i>	41,79	23,07	8,00	81,00	55,20
Ukupno <i>Total</i>	41,11	24,32	9,00	91,00	59,15
RANI/KASNI EARLY/LATE	DUŽINA IZBOJKA – <i>SHOOT LENGHT</i>				CV %
	Prosjeak <i>Mean</i>	St. Dev	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	
			cm		
Rani – <i>Early</i>	27,64	17,05	9,50	70,00	61,69
Kasni – <i>Late</i>	30,08	15,92	8,50	63,50	52,92
Ukupno <i>Total</i>	28,62	16,37	8,50	70,00	57,21
RANI/KASNI EARLY/LATE	PROMJER IZBOJKA – <i>SHOOT DIAMETER</i>				CV %
	Prosjeak <i>Mean</i>	St. Dev	Minimum <i>Minimum</i>	Maksimum <i>Maximum</i>	
			mm		
Rani – <i>Early</i>	4,22	1,50	2,00	8,50	35,46
Kasni – <i>Late</i>	3,83	1,01	3,00	6,00	26,28
Ukupno <i>Total</i>	4,07	1,32	2,00	8,50	32,41

Tablica 5. Parametri univarijantne regresijske analize ovisnosti vegetativnoga rasta o fiziološko-morfološkim značajkama.

*Table 5 Parameters of univariate regression between vegetative growth and physiological-morphological traits*

Istraživani parametri <i>Researched traits</i>	CGI	SLA	LDMC
Visinski prirast <i>Height increment</i>	NS	$r^2 = 0,028031$ $p = 0,044132$	$r^2 = - 0,035569$ $p = 0,023099$
Duljina izbojka <i>Shoot length</i>	NS	NS	$r^2 = - 0,198653$ $p = 0,000000$
Promjer izbojka <i>Shoot diameter</i>	$r^2 = 0,135707$ $p = 0,000005$	NS	$r^2 = - 0,087872$ $p = 0,000294$
Površina lista <i>Leaf area</i>	NS	NS	$r^2 = - 0,153038$ $p = 0,000001$

(NS) ne signifikantno – *no significant*

(tablica 5). Takav odnos između SLA, LDMC i visinskoga prirasta također ukazuje na to da klonovi s većom SLA, a manjim LDMC imaju veći visinski prirast.

Analizom varijance kada su KSP-e predstavljale izvor varijabilnosti, statistički značajna varijabilnost istraživanih fiziološko-morfoloških svojstava potvrđena je

Tablica 6. Rezultati testiranja fiksnih efekata (KSP i Klonova unutar KSP-ova) za istraživane značajke MIXED procedurom u SAS-u.  
*Table 6 Results of testing of fixed effects (CSO and Clones within CSO) with MIXED procedure in SAS*

Svojstvo <i>Traits</i>	Izvor varijabilnosti <i>Effect</i>	Stupnjevi slobode u brojniku <i>Num DF</i>	Stupnjevi slobode u nazivniku <i>Den DF</i>	F Vrijednost <i>F Value</i>	Pr > F
SLA	KSP – CSO	2	15	7,03	<b>0,0070</b>
	Klon (KSP) <i>Clone (CSO)</i>	12	15	4,97	<b>0,0023</b>
LDMC	KSP – CSO	2	15	0,37	0,6953
	Klon (KSP) <i>Clone (CSO)</i>	12	15	1,39	0,2701
CCI	KSP – CSO	2	15	2,85	0,0890
	Klon (KSP) <i>Clone (CSO)</i>	12	15	1,22	0,3546
Duljina izbojka <i>Shoot length</i>	KSP – CSO	2	15	0,15	0,8590
	Klon (KSP) <i>Clone (CSO)</i>	12	15	1,11	0,4193
Promjer izbojka <i>Shoot diameter</i>	KSP – CSO	2	15	2,74	0,0970
	Klon (KSP) <i>Clone (CSO)</i>	12	15	2,17	0,0792

Tablica 7. Rezultati testiranja fiksnih efekata (vrijeme početka listanja i klonova unutar skupina sa svojstvom ranoga ili kasnoga listanja) MIXED procedurom u SAS-u.  
*Table 7 Results of testing of fixed effects (Initiate of flushing and clones within group with feature of early or flushing burst) with MIXED procedure in SAS*

Svojstvo <i>Traits</i>	Izvor varijabilnosti <i>Effect</i>	Stupnjevi slobode u brojniku <i>Num DF</i>	Stupnjevi slobode u nazivniku <i>Den DF</i>	F Vrijednost <i>F Value</i>	Pr > F
SLA	Listanje (Rano/Kasno) <i>Flushing (Early/Late)</i>	1	15	0,44	0,5172
	Klon (Listanje) <i>Clone (Flushing)</i>	13	15	5,64	<b>0,0011</b>
LDMC	Listanje (Rano/Kasno) <i>Flushing (Early/Late)</i>	1	15	0,73	0,4052
	Klon (Listanje) <i>Clone (Flushing)</i>	13	15	1,28	0,3187
CCI	Listanje (Rano/Kasno) <i>Flushing (Early/Late)</i>	1	15	1,9	0,1885
	Klon (Listanje) <i>Clone (Flushing)</i>	13	15	1,42	0,2573
Duljina izbojka <i>Shoot length</i>	Listanje (Rano/Kasno) <i>Flushing (Early/Late)</i>	1	15	0,16	0,6963
	Klon (Listanje) <i>Clone (Flushing)</i>	13	15	1,03	0,4706
Promjer izbojka <i>Shoot diameter</i>	Listanje (Rano/Kasno) <i>Flushing (Early/Late)</i>	1	15	1,01	0,3320
	Klon (Listanje) <i>Clone (Flushing)</i>	13	15	2,35	0,0584

samo za svojstvo SLA. Za ostala istraživana svojstva nije utvrđena statistički značajna razlika. U slučaju kada nam je izvor varijabilnosti predstavljao pojedini klon ugniježđen unutar određene KSP-e značajna varijabilnost istraživanih fiziološko morfoloških svojstava opet je potvrđena samo za svojstvo SLA (tablica 6).

Tablica 8. Rezultati analize varijance slučajnih efekata rameta unutar klonova za istraživana svojstva.

*Table 8 Results of ANOVA of random effect rametes within clones for researched trait*

Svojstvo <i>Traits</i>	Izvor varijabilnosti <i>Effect</i>	Komponenta varijance <i>Variance component</i>	Standardna pogreška <i>Stand. Error</i>	Z Vrijednost <i>Z Value</i>	Pr Z
SLA	Rameta (Klon) <i>Rameta (Clone)</i>	0,1108	0,1016	1,09	0,1379
LDMC	Rameta (Klon) <i>Rameta (Clone)</i>	361,39	184,78	1,96	<b>0,0252</b>
CCI	Rameta (Klon) <i>Rameta (Clone)</i>	117,61	44,4675	2,64	<b>0,0041</b>
Duljina izbojka <i>Shoot lenght</i>	Rameta (Klon) <i>Rameta (Clone)</i>	271,81	99,2504	2,74	<b>0,0031</b>
Promjer izbojka <i>Shoot diameter</i>	Rameta (Klon) <i>Rameta (Clone)</i>	0,5633	0,3956	1,42	0,0970

Kada je izvor varijabilnosti predstavljalo svojstvo listanja (značajke ranoga ili kasnoga listanja), značajna varijabilnost nije potvrđena niti za jedno istraživano svojstvo. U slučaju kada je izvor varijabilnosti predstavljao pojedini klon ugniježđen unutar pojedine skupine klonova sa značajkom ranoga ili kasnoga listanja, značajna varijabilnost ponovno je potvrđena samo za svojstvo SLA (tablica 7). Minimalne i maksimalne vrijednosti unutar kojih se kreće SLA klonova koji pripadaju istoj i različitim KSP te skupinama klonova s obzirom na svojstvo listanja razvidne su iz tablica 1 i 3.

Testiranje varijabilnosti fiziološko-morfoloških svojstava rameta unutar jednoga klona također je provedeno analizom varijance te je utvrđeno kako se ramete unutar klonova statistički značajno razlikuju za svojstva LDMC, CCI i duljinu izbojka, dok za svojstvo SLA i promjer izbojka nije utvrđena statistički značajna razlika (tablica 8).

Ovi rezultati upućuju na pretpostavku kako je utjecaj podloge na fiziološko-morfološka svojstva rameta unutar jednoga klona značajan. Podloga koja ujedno predstavlja i podzemni dio ramete, tj. korijenov sustav čije je podrijetlo u ovom slučaju nepoznato značajno može utjecati na sposobnost primanja vode i hraniva, a samim time i na sve ostale morfološke i fiziološke značajke pojedinih rameta unutar jednoga klona.

Isto tako rezultati vezani uz svojstvo SLA dobiveni ovim istraživanjem sukladni su rezultatima istraživanja koja su proveli Aspelmier i Leuschner (2006) na klonovima obične breze, gdje su utvrdili kako je SLA pod značajnim utjecajem genotipa bez obzira na različite okolišne uvjete kojima su klonovi bili izloženi.

## ZAKLJUČCI

### CONCLUSIONS

Genetska varijabilnost između istraživanih klonova utvrđena je samo za svojstvo SLA, što navodi na zaključak kako je ovo svojstvo pod izraženim utjecajem

genotipa odnosno plemke, a to znači da podloge u interakciji s plemkama nisu imale značajan utjecaj na svojstvo SLA te je ono vjerojatno pod većim utjecajem genotipa u odnosu na ostala istraživana svojstva.

Ramete unutar jednoga klona međusobno se statistički značajno razlikuju za svojstva LDMC, CCI i duljina izbojka, dok se za svojstva SLA i promjer izbojka ne razlikuju. Iz toga se može zaključiti kako je utjecaj podloge na većinu fiziološko-morfoloških svojstava rameta jednoga klona značajan.

Analizirajući ovisnost vegetativnoga rasta o fiziološko-morfološkim svojstvima istraživanih klonova možemo zaključiti kako klonovi s većom SLA i većim CCI, a manjim LDMC, imaju veći visinski prirast, dok klonovi s manjom SLA i manjim CCI, a većim LDMC, imaju manji visinski prirast.

## ZAHVALA

### ACKNOWLEDGMENTS

Istraživanje je provedeno u sklopu znanstveno-istraživačkog zadatka “Fiziološke osnove plodonosjenja hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Spačvi“, u sklopu Programa znanstvenoistraživačkog rada Hrvatskih šuma d.o.o Zagreb, Šumarskog instituta, Jastrebarsko, Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Akademije šumarskih znanosti za razdoblje 2006.-2010. godine. Navedeni istraživački zadatak financijski potpomaže tvrtka Hrvatske šume d.o.o. Ovim se putem autori zahvaljuju tvrtki Hrvatske šume za financijsku podršku. Zahvaljujemo i svim djelatnicima tvrtke koji su sudjelovali u organizaciji i provedbi vegetativnog razmnožavanja klonova i osnivanja pokusnoga nasada, posebno kolegama Damiru Paveliću i Ivanu Šumanovcu te djelatnicima Šumarije Dugo Selo i rasadnika Brestje na radovima vezanima uz održavanje pokusne plohe.

## LITERATURA

### REFERENCES

- Aranda, I., Castro, L., Pardos, M., Gil, I., Pardos, J.A. 2005. Effect of the interaction between drought and shade on water relations, gas exchange and morphological traits in cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. *For. Ecol. Manage.* 210: 117-129.
- Aspelmier, S., Leuschern, C. 2006. Genotypic variation in drought response of silver birch (*Betula pendula* Roth): leaf and root morphology and carbon partitioning. *Trees.* 20: 42-52.
- Bussotti, F., Borghini, F., Celesti, C., Leonzio, C., Bruschi, P. 2000. Leaf morphology and macronutrients in broadleaved trees in central Italy. *Trees.* 14: 361-368.
- Cate, T.M., Perkins, T.D. 2003. Chlorophyll content monitoring in sugar maple (*Acer saccharum*). *Tree Physiol.* 23(15): 1077-1079.
- Chang, S.X., Robison, D.S. 2003. Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. *For. Ecol. Manage.* 181: 331-338.
- Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Granier, E., Diaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D.E., Reich, P.B., Ter Stege, H., Morgan, H.D., Van der Heijden, M.G.A., Pausa, J.G., Poorter, H. 2003. A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany.* 51: 335-380.

- Coyle, D.R., Coleman M.D. 2005. Forest production responses to irrigation and fertilization are not explained by shifts in allocation. *For. Ecol. Manage.* 2008: 137-152.
- Funk, J.L., Jones, C.G., Lerdau, M.T. 2007. Leaf-and shoot-level plasticity in response to different nutrient and water availabilities. *Tree Physiol.* 27: 1731-1739.
- Franjić, J., Bogdan, S., Škvorc, Ž., Sever, K., Krstonošić, D., 2008. Fenološka sinkroniziranost klonova hrasta lužnjaka iz klonskih sjemenskih plantaža u Hrvatskoj. Znanstveno savjetovanje: Šume hrasta lužnjaka u promijenjenim stanišnim i gospodarskim uvjetima. Zbornik sažetaka.
- Garnier, E., Shipley, B., Roument, C., Laurent, 2001. A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Functional Ecology.* 15: 688-695.
- Li, Y., Johnson, D.A., Su, Y., Cui, J., Zhang, T. 2005. Specific leaf area and leaf dry matter content of plants growing in sand dunes. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 46: 127-134.
- Monclus, R., Dreyer, E., Monclus, F.M. 2005. Productivity, leaf traits and carbon isotope discrimination in 29 *populus deltoides* x *Populus nigra* clones. *New phytol.* 167: 765-777.
- Opti-sciences 2005. CCM – 200 Chlorophyll Content Meter, Operation Manual, 30 str. 8 Winn Avenue, Hudson, NH 03051, USA.
- Pevalek-Kozlina, B. 2003. Fiziologija bilja, Profil, 568 str., Zagreb.
- Pinkard, E.A., Patel, V., Mohammed, C. 2006. Chlorophyll and nitrogen determination for plantation-grown *Eucalyptus nitens* and *E. globules* using a non-destructive meter. *For. Ecol. Manage.* 223: 211-217.
- Reich, P.B., Ellsworth, D.S., Walters, M.B. 1998. Leaf structure (specific leaf area) modulates photosynthesis-nitrogen relations: evidence from within and across species and functional groups. *Functional Ecology.* 12: 948-958.
- SAS 2000. SAS Institute Inc. SAS OnlineDoc®, Version 8. <http://v8doc.sas.com/sashtml> StatSoft, Inc., 2006: STATISTICA (data analysis software system), version 7.1. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Shipley, B., Vu, T-T. 2002. Dry matter content as a measure of dry matter concentrations in plants and their parts. *New phytol.* 153: 359-364.
- Van der Berg A.K., Perkins T.D. 2004. Evaluating of a portable Chlorophyll meter to estimate chlorophyll and nitrogen contents in sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) leaves. *For. Ecol. Manage.* 200: 113-117.
- Weiher, E., van der Werf A., Thompson K., Roderick M., Garnier E., Eriksson O. 1999. Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. *J. Veg. Sci.* 10: 609-620.
- Wetsboy, M. 1998. A leaf-height seed (LHS) plant ecology scheme. *Plant soil* 199: 213-227.

VARIABILITY OF PHYSIOLOGY – MORPHOLOGICAL TRAITS  
IN OF PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR L.*)  
IN A CLONAL TRIAL – INITIAL RESULTS

SUMMARY

*Preliminary results of Common oak (*Quercus robur L.*) clones variability were presented regarding Specific Leaf Area (SLA), Leaf Dry Matter Content (LDMC) and Chlorophyll Content Index (CCI). Clones originating from several clonal seed orchards (CSOs). Furthermore we examined variability of these parameters considering leaf bud burst of individual clones (classified as early or late flushing clones). Dependence of vegetative organs growth (leaf and shoot) in relation to SLA, LDMC and CCI values was also examined.*

*Research was carried out on 15 clones from „Brestje“ field-trial, whereas clones from the trial originate from three different CSOs in Croatia. CSOs “Petkovac” and “Pleščice” from the area of Forest Range Office Vinkovci and Bjelovar were represented with six clones and CSO “Kosovac” from the area of Forest Range Office Našice with three clones. Each clone in the experiment was represented with two ramets per clone (30 ramets in total). Analysis of variance revealed that CSOs as well as the clones nested within them are significantly different only due to SLA trait. There were no significant differences considering flushing for any of the analysed traits.*

*Ramets within the same clone were significantly different for LDMC, CCI and shoot length values, while there were no significant differences for SLA and shoot diameter values. These results indicate significant influence of root stock on physiological and morphological traits of ramets within clones.*

*Vegetative growth (height increment, shoot diameter, shoot length and leaf surface) was negative significantly correlated with LDMC. Moreover, positive significant correlations were also determined between CCI/ shoot diameter and SLA/ height increment respectively.*

**Key words:** SLA, LDMC, CCI, Clonal seed orchard, vegetative growth