

UDK: 631.442[582.52+582.681]

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

## ELEMENTI RASTA I STRUKTURA SREDNJE DOBNIH MEŠOVITIH KULTURA EUROAMERIČKE TOPOLE I BAGREMA NA FLUVISOLU RAZLIČITOG BONITETA

Siniša Andrašev<sup>1</sup>, Martin Bobinac<sup>2</sup>, Andrijana Bauer-Živković<sup>3</sup>

**Izvod:** U radu su prikazani elementi rasta i strukture na dve trajne ogledne površine u mešovitoj kulturi euroameričke topole (*Populus × euramericana* (Dode) Guinier), klona Pannonia i bagrema (*Robinia pseudoacacia* L.), starosti 10 godina, osnovane na zemljištu tipa fluvisol, pri razmaku sadnje stabala topole od 5 × 5 m (400 stabala po hektaru) i međuredno sadenog bagrema pri razmaku 2,5 × 1,0 m (3600 stabala po hektaru). Na osnovu dominantnih i srednjih visina stabala na oglednim površinama utvrđeno je da se razlikuju za 3,7 m ( $H_{100}$ ), odnosno 4,3 m ( $h_L$ ), odnosno za jedan bonitetni razred. Na obe ogledne površine nalazi približno isti broj stabala po hektaru topole, 330-343, i bagrema, 2760-2800 stabala po hektaru. Na boljem bonitetu staništa stabla topole ostvarila su veće dominantne i srednje prečnike za blizu 5 cm, veću temeljnicu za 65% i dvostruko veću zapreminu po hektaru. Razlike u gornjim i srednjim visinama stabala bagrema su manje u odnosu na topolu (1,5-2,2 m), kao i razlike u srednjim i dominantnim prečnicima (0,6-1,1 cm), temeljnici (20%) i zapremini po hektaru (23%). Visinska i debljinska struktura, kao i visinske krive, ukazuju na dvospratnu izgrađenost, pri čemu je topola, u gornjoj etaži, a bagrem u donjoj etaži. Na boljem bonitetu staništa dolazi od intenzivnijeg diferenciranja stabala i zaostajanja u visinskom rastu većeg broja stabala bagrema u odnosu na slabiji bonitet. Rezultati ukazuju da na slabijem bonitetu, usled sporijeg rasta topole, podizanje mešovitih kultura topole i bagrema ima više opravdanja.

**Ključne reči:** elementi rasta stabala, struktura mešovitih kultura, topola, bagrem.

### ELEMENTS OF GROWTH AND STRUCTURE OF MIDDLE AGED MIXED CULTURES OF EURO-AMERICAN POPLAR AND BLACK LOCUST ON FLUVISOL AT DIFFERENT SITE CLASSES

**Abstract:** The paper presents the elements of growth and structure in a mixed culture of Euramerican poplar (*Populus × euramericana* (Dode) Guinier), clone Pannonia and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), at age of 10 years, established on soil type fluvisol, at a poplar trees planting distance of 5 × 5 m (400 trees per hectare) and the inter-row planted black locust at a distance of 2.5 × 1.0 m (3600 trees per hectare) on two permanent sample plots. Based on dominant and medium height of trees on sample plots it was found that they differ by 3.7 m ( $H_{100}$ ) and 4.3 m ( $h_L$ ), or for one site class. On both experimental plots was found approximately the same number of poplar trees per hectare, 330-343 trees, and black locust, 2760-2800 trees per hectare. On the better site classes poplar trees made larger

---

<sup>1</sup> Dr Siniša Andrašev, viši naučni saradnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad

<sup>2</sup> Dr Martin Bobinac, vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Kneza Višeslava 1, 11030 Beograd

<sup>3</sup> Master Andrijana Bauer-Živković, student doktorskih studija

*dominant and medium breast height diameters for close to 5 cm, higher basal area by 65% and double the volume per hectare. Differences in the top and middle heights of black locust trees are less than the poplar (1.5-2.2 m), as well as differences in the middle and dominant diameters (0.6 to 1.1 cm), basal area (20%) and volume per hectare (23%). Height and diameter structure, as well as the height curve, indicating a two-story structure:, where the poplar is in the upper floor, and the black locust is in the lower floor. On a better site classes comes to intensified differentiation of trees and lagging in height growth of greater number of black locust trees in relation to the weaker site classes. The results indicate that on the weaker site classes, due to slower growth of poplar trees, establishment of the mixed culture of poplar and black locust has more justification.*

**Key words:** *elements of tree growth, structure of mixed cultures, poplar, black locust.*

## 1. UVOD

Mešovite sastojine su ekološki i ekonomski opravdanije u odnosu na čiste sastojine pošto u znatno većoj meri obezbeđuju mnoge ekosistemske funkcije. Veća otpornost i fleksibilnost mešovitih sastojina na prirodne i antropogene uticaje, uz veći biodiverzitet i kapacitet skladištenja ugljenika, uslovljava veći potencijal za ublažavanje negativnih uticaja (Bravo-Oviedo et al., 2014). Mešovitost ima uglavnom ekološke i biološke prednosti, ali u istom smislu ima snažan pozitivan uticaj na proizvodnost i ekonomsku efikasnost sastojina (Redei et al., 2002).

Najznačajnije razlike između mešovitih sastojina i monokultura su: (1) pošto različite vrste imaju različite biološke karakteristike količine potrebnih resursa neophodnih za njihov razvoj (ugljen dioksid, svetlost, voda, temperatura, nutrienti) može značajno da se razlikuje; (2) jedna od vrsta može biti sposobna da koristi neke od tih resursa iz okruženja koja nisu dostupna ostalim vrstama (na primer, vrste sa dubljim korenom mogu biti sposobne koristiti vodu i nutrijente iz dubljih slojeva zemljišta u odnosu na vrste sa plitkim korenom) (West, 2006).

Dva osnovna principa interakcije vrsta drveća u mešovitim sastojinama su: (1) „komplementarnost“, koji podrazumeva da dve vrste pokazuju umanjenu kompeticiju u mešovitim sastojinama u odnosu na monokulture i time efikasnije koriste resurse; (2) „podupiranje“, koji podrazumeva da jedna vrsta pozitivno utiče na rast druge vrste u smesi (Kelty i Cameron, 1995).

U čistim sastojinama maksimalna proizvodnost može biti postignuta samo u sastojinama koje imaju optimalan broj stabala po hektaru, dok u mešovitim sastojinama maksimalna proizvodnost je skoro nepromenjena u širem dijapazonu gustina, od sastojina se velikim brojem stabala do onih sa malim brojem stabala (Pretzsch, 2003).

Međutim, sve vrste drveća prirodno ne grade mešovite sastojine, a njihovo osnivanje i održavanje često nije uspešno, i zahteva visoke troškove.

U Mađarskoj postoji veliki interes osnivanja mešovitih sastojina bagrema i bele topole, pošto obe vrste imaju veći prirast u početnoj fazi, sličnu dužinu ophodnje i uzajamne prednosti. Šema osnivanja plantaže se bira tako da povećava kompatibilnost dve ili više vrsta drveća u sastojini (Redei et al., 2012).

Mešovite prirodne sastojine belih i crnih topola sa primesama hrasta lužnjaka i poljskog jasena, nekada široko zastupljene u aluvijalnoj zoni reke Dunava u njegovom srednjem toku, usled izmena hidroloških uslova i sukcesije vegetacije, i plantažnog uzgoja euroameričkih topola u prethodnom višedecenijskom periodu, danas se nalaze samo u fragmenitima (Herpka, 1979).

Na nekadašnjim ritskim staništima šumarska praksa u Srbiji je dosadašnjim radom više ili manje uspešno osnivala mešovite sastojine euroameričkih topola i ostalih vrsta drveća na

skromnim površinama. Međutim, adekvatna naučna istraživanja o izgrađenosti mešovite kultura, koja bi dokumentovala i verifikovala značaj ovakvih radova, kao i primena adekvatnih uzgojnih mera su izostala.

Zadatak istraživanja je da se prouče elementi rasta i strukture u mešovitoj kulturi euroameričke topole, klona Pannonia, i bagrema na fluvisolu različitog boniteta.

## 2. OBJEKAT ISTRAŽIVANJA I METOD RADA

Istraživanja su obavljena u mešovitoj kulturi euroameričke topole (*Populus × euramericana* (Dode) Guinier), klona Pannonia (radni naziv M-1) i bagrema (*Robinia pseudoacacia* L.), starosti 10 godina, koja se nalazi u gornjem Podunavlju Srbije (GJ „Zaštićene šume Apatina“, odeljenje 27, odsek a). Kultura je podignuta na aluvijalnom zemljištu tipa fluvisol, peskovite forme (Škorić et al., 1985), sa vrlo varijabilnim svojstvima na malom prostoru (Živanov, 1982). Osnovana je nakon čiste seče plantaže topole, klona I-214 i potpune pripreme terena. Sadnice topole, klona Pannonia su sadene tzv. „dubokom“ sadnjom na rastojanju od  $5 \times 5$  m ( $400 \text{ stabala} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), dok su sadnice bagrema sadene tzv. „normalnom“ sadnjom na rastojanju od 1 m između stabala topole ( $3600 \text{ stabala} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Kultura se spontano razvijala do posmatrane starosti 10 godina.

Za potrebe ovog rada analizirani su elementi rasta i strukture kulture na dve ogledne površine, veličine 12 ari, koje su formirane u jesen 2014. godine. Ogledne površine su na međusobnoj udaljenosti 100 m, a razlike u elementima rasta topole i bagrema ukazivale su na različit bonitet staništa.

Na oglednim površinama svim stablima topole i bagrema su premerena dva unakrsna prsna prečnika uz tačnost od 1 mm. Za konstrukciju visinskih krivih i prikaz visinske strukture stabala topole premerene su visine svim stablima visinomerom tipa Vertex III. Kod bagrema premerene su visine kod oko 10% stabala iz svih debljinskih stepeni, a za prikaz visinske strukture korišćene su visine iz konstruisane visinske krive, te predstavlja modifikovanu visinsku strukturu sa određenim ograničenjima.

Obrada podataka je podrazumevala standardan postupak obrade na oglednim površinama u cilju dobijanja srednjih kvadratnih prečnika ( $d_g$ ), dominantnih prečnika (srednjih prečnika 100 najdebljih stabala po hektaru,  $D_{100}$ ), srednjih visina po Loraju ( $h_L$ ) i dominantnih (gornjih) visina (srednja visina koja odgovara prečniku 100 najdebljih stabala u zasadu,  $H_{100}$ ) za svaku istraživanu vrstu drveta. Za konstrukciju visinskih krivih korišćena je funkcija Mihajlova ( $h = a \cdot e^{b/dbh} + 1.3$ ). Zapremina po hektaru je dobijena korišćenjem dvoulaznih zapreminskih tablica za topolu, klon Pannonia (Pantić et al., 2013) i za bagrem (Cestar i Kovačić, 1982).

Debljinska i visinska struktura prikazana je grafički i korišćenjem numeričkih pokazatelja: aritmetička sredina ( $d_s, h_s$ ), standardna devijacija ( $s_d$ ), koeficijent varijacije ( $c_v$ ), minimalni ( $d_{\min}, h_{\min}$ ) i maksimalni ( $d_{\max}, h_{\max}$ ) prečnik i visina, varijaciona širina ( $v_s$ ), koeficijent asimetrije ( $\alpha_3$ ) i koeficijent spljoštenosti ( $\alpha_4$ ) (Stamenković, Vučković, 1988).

Svatom stablu je određen biološki položaj (BP) na osnovu odnosa visina stabala i gornje visine po preporuci Assmann-a, (1970) za raznodobne, više-etažne, sastojine:

- (1) nadstojno stablo, čija visina je veća od 80% gornje visine ( $H_{100}$ );
- (2) međustojeće stablo, čija visina se nalazi u rasponu od 50-80% gornje visine;
- (3) podstojno stablo, čija visina je manja od 50% gornje visine.

Pri premeru svakom stablu procenjen je kvalitet debla (KD) procenjen na osnovu sledeće klasifikacije:

- (1) deblo ravno, sa padom prečnika manjim od 1 cm/m, bez grana i kvrga preko polovine visine stabla, nezasukano;

- (2) deblo ravno, sa padom prečnika većim od 1 cm/m preko polovine visine, sa granama ili kvrgama ili, malo zasukano;
- (3) deblo krivo, ili zasukano, ili sabljasto, ili rašljasto, ili dvostruko, ili se račva iz panja, ili jako ranjeno, oštećeno ili prelomljeno, ili jako napadnuto od raka i truleži.

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

#### 3.1. Elementi rasta

Na oglednim površinama u starosti kulture 10. godina utvrđeno je 330-343 stabala topole i 2760-2800 stabala bagrema po hektaru. Procenat preživljavanja stabala topole iznosi 82-86%, a procenat preživljavanja stabala bagrema 77-78%. Ovakvo preživljavanje do 10. godine može se oceniti zadovoljavajućim (Tabela 1).

Tabela 1. Osnovni elementi rasta na oglednim površinama.

*Table 1. Basic growth elements on the experimental plots.*

Ogledno polje	Vrsta	H <sub>100</sub> [m]	h <sub>L</sub> [m]	D <sub>100</sub> [cm]	d <sub>g</sub> [cm]	N [stab.·ha <sup>-1</sup> ] [trees·ha <sup>-1</sup> ]	G [m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> ]
OP-1	Topola Poplar	18,72	17,35	18,5	15,5	343	6,50	52,26
	Bagrem Black locust	13,03	10,13	10,3	5,2	2802	6,03	44,09
	Ukupno Total					3145	12,53	96,35
OP-2	Topola Poplar	22,41	21,68	23,3	20,4	330	10,74	103,82
	Bagrem Black locust	15,20	11,62	11,4	5,8	2759	7,21	54,16
	Ukupno Total					3089	17,95	157,98

Razlike broja stabala po hektaru između oglednih površina su vrlo male, svega 3,8% kod topole i 1,5% kod bagrema (Tabela 2).

Na OP-1 dominantna visina stabala topole, klon Pannonia iznosila je 18,7 m, a na OP-2 22,4 m, odnosno 20% više. Srednja visina po Loraju je iznosila 17,3 m na OP-1 i 21,7 m na OP-2 što je više za 25%. Navedeno ukazuje na razlike u bonitetu staništa između istraživanih oglednih površina, s obzirom da su razlike između dva boniteta 2,5 m u 20. godini, po Marković et al., (1987). Dominantne visine stabala bagrema su iznosile 13 m na OP-1 i 15,2 m na OP-2, odnosno više za 16,7%. Razlika u srednjim visinama po Loraju stabala bagrema između oglednih površina je nešto manja i iznosi 1,5 m ili 14,7% (Tabele 1, 2).

Dominantni i srednji prečnici stabala topole na OP-1 su iznosili 18,5 cm i 15,5 cm što je za skoro 5 cm manje u odnosu na OP-2. Dominantni i srednji prečnici stabala bagrema iznose 10,3 cm i 5,2 cm na OP-1, dok su na OP-2 veći za 11%.

Na OP-1 je utvrđeno 6,5 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup> temeljnice stabala topole i 6,0 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup> temeljnice stabala bagrema, odnosno ukupno 12,5 m<sup>2</sup>·ha<sup>-1</sup> ukupne temeljnice. Na OP-2 je utvrđeno 65% više temeljnice topole, 20% više temeljnice bagrema, odnosno 43% više ukupne temeljnice u odnosu na OP-1.

**Tabela 2.** Razlike elemenata rasta između oglednih površina.

*Table 2. Difference of growth elements between experimental plots.*

	Vrsta <i>Species</i>	H <sub>100</sub> [m]	h <sub>L</sub> [m]	D <sub>100</sub> [cm]	d <sub>g</sub> [cm]	N [st·ha <sup>-1</sup> ]	G [m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> ]	V [m <sup>3</sup> ·ha <sup>-1</sup> ]
Razlika <i>Difference</i>	Topola <i>Poplar</i>	3,7	4,3	4,8	4,9	-13	4,24	51,56
	Bagrem <i>Black locust</i>	2,2	1,5	1,1	0,6	-43	1,18	10,07
	Ukupno <i>Total</i>					-56	5,42	61,63
Proc. razlika <i>Perc. difference</i>	Topola <i>Poplar</i>	19,7	25,0	25,9	31,6	-3,8	65,2	98,7
	Bagrem <i>Black locust</i>	16,7	14,7	10,7	11,5	-1,5	19,6	22,8
	Ukupno <i>Total</i>					-1,8	43,3	64,0

Zapremina stabala topole na OP-1 iznosila je 52 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>, zapremina stabala bagrema 44 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>, odnosno ukupna zapremina je iznosila 96,35 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>. Na OP-2 zapremina stabala topole je bila veća za 99%, stabala bagrema za 23%, a ukupna zapremina za 64% u odnosu na OP-2 (Tabele 1 i 2).

### 3.2. Struktura sastojina

#### 3.2.1 Numeričke klase

Visinska struktura stabala topole na oglednim površinama ima varijabilnost manju od 10% što je očekivano za jednodobne kulture (Andrašev, 2008).

Tabela 3. Numerički pokazatelji visinske strukture stabala topole

Table 3. Numerical indicators of height distribution

Vrsta <i>Species</i>	OP <i>EP</i>	n <sup>*</sup>	h <sub>s</sub>	s <sub>d</sub>	c <sub>v</sub>	h <sub>min</sub>	h <sub>max</sub>	vš	α <sub>3</sub>	α <sub>4</sub>
		[stabala] [trees]	[m]	[m]	[%]	[m]	[m]	[m]		
Topola	OP-1	42	16,84	1,62	9,6	12,9	19,8	6,9	-0,241	2,483
Poplar	OP-2	41	21,38	1,39	6,5	14,4	23,3	8,9	-3,076	16,503
Bagrem	OP-1	343 (35) <sup>*</sup>	8,11	2,64	32,5	1,5	14,7	13,2	-0,241	2,641
Black locust	OP-2	343 (31)	9,62	2,73	28,4	2,3	17,0	14,7	-0,157	2,706

\* Visine su merene samo na određenom broju stabala, OP-1 35 i OP-2 31 stablo, dok su ostale visine dobijene iz visinskih krivih.

\* Heights were measured only on certain number of trees, 35 trees on EP-1 and 31 trees on EP-2, while the other heights were given from height curves.

Varijabilnost visinske strukture je veća na OP-1 (9,6%) u odnosu na OP-2 (6,5%). U kulturi su utvrđene minimalne visine od 12,9 m (OP-1) i 14,4 m (OP-2), dok maksimalne visine iznose 19,8 m (OP-1) i 23,3 m (OP-2). Na OP-1 je utvrđena slabo izražena leva asimetrija i platikurtični raspored visinske strukture, dok je na OP-2 utvrđena izražena leva asimetrija i leptokurtični raspored usled malog broja stabala (5%) zaostalih u rastu visina. Sumarne krive visinske strukture su sličnog oblika, osim zaostalog kraka malog broja stabala sa manjim visinama na OP-2, i pomerene su u koordinatnom sistemu u desno za prosečno 4,5 m (Tabela 3, Grafikon 1, levo).

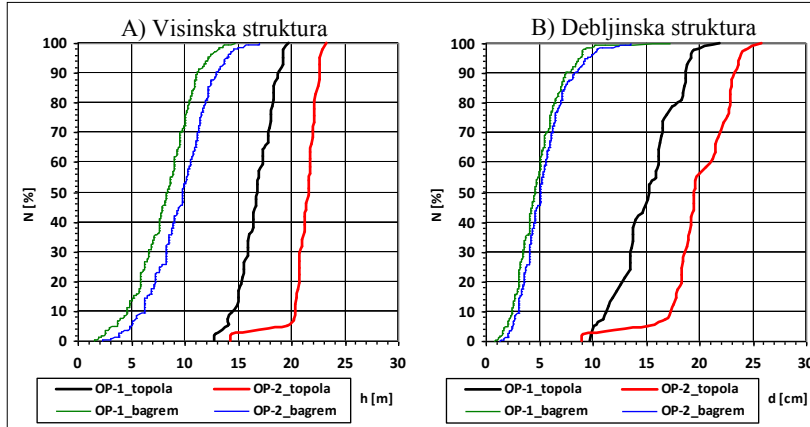
Varijabilnost visinske strukture je znatno veća od stabala topole, oko 30%, uz slabo izraženu levu asimetriju i platikurtičnu spljoštenost. Sumarne krive visinske strukture

bagrema na oglednim površinama su slične po obliku a razlikuju se po položaju za prosečno 1,5 m, koliko iznosi i razlika srednjih visina.

Sumarne krive visinske strukture bagrema pomerene su u levo u odnosu na topolu u koordinatnom sistemu i ukazuju na dvospratnu izgrađenost kulture u kojoj se topola nalazi u gornjoj etaži, a bagrem u donjoj etaži u starosti od 10 godina.

**Grafikon 1.** Sumarne krive visinske (levo) i debljinske (desno) strukture.

**Figure 1.** Cumulative curves of height (left) and diameter (right) structure.



Numerički pokazatelji debljinske strukture stabala topole na oglednim površinama pokazuju veću varijabilnost debljina u poređenju sa varijabilnošću visinske strukture, što je u saglasnosti sa ranijim istraživanjima (Vučković, 1989). Varijabilnost debljinske strukture stabala topole je ispod 20%, što je očekivano u plantažama topola (Andrašev, 2008). Debljinska struktura stabala topole na OP-1 ima simetričnu raspodelu i platikurtični raspored sa nešto većom varijabilnošću u odnosu na OP-2 gde je raspored leptokurtičan sa izraženom levom asimetrijom usled malog broja (ispod 10%) stabala sa zaostalim debljinama (Tabela 4).

**Tabela 4.** Numerički pokazatelji debljinske strukture

**Table 4.** Numerical indicators of diameter distribution

Vrsta Species	OP EP	$n^{(*)}$	$d_s$	$s_d$	$c_v$	$d_{min}$	$d_{max}$	$vš$	$\alpha_3$	$\alpha_4$
		[stab.]	[cm]	[cm]	[%]	[cm]	[cm]	[cm]		
Topola	OP-1	42	15,3	2,78	18,2	9,9	21,9	12,0	0,061	2,484
Poplar	OP-2	41	20,2	2,96	14,7	9,1	25,9	16,8	-1,055	6,032
Bagrem	OP-1	343	4,8	2,11	44,1	0,9	17,2	16,3	1,006	5,759
Black locust	OP-2	343	5,3	2,17	40,6	1,4	13,6	12,2	0,926	4,065

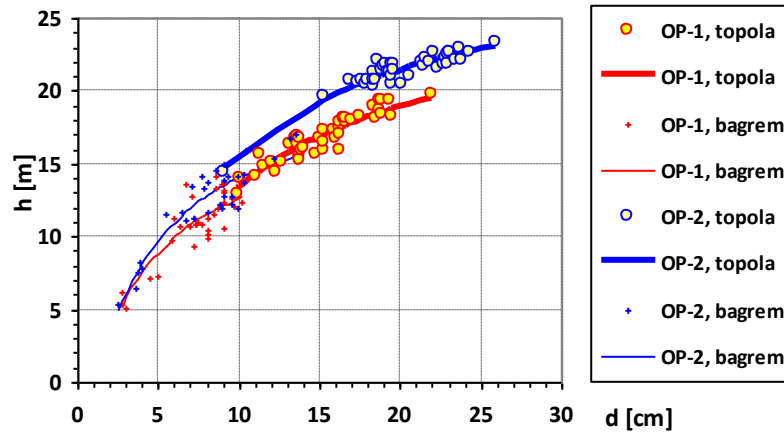
Debljinska struktura stabala bagrema ima zantno veću varijabilnost, preko 40%, izrazito desnu asimetriju i leptokurtični raspored na obe ogledne površine. Sumarne krive su sličnog oblika, a pomerene su jedna od druge za prosečno 0,5 cm koliko iznosi razlika u srednjim prečnicima (Grafikon 1, desno).

Visinske krive, dobijene funkcijom Mihajlova, pokazuju dobro slaganje za obe vrste drveća. Koeficijent determinacije je nešto veći, a standardna greška regresije manja kod

topole u odnosu na bagrem i ukazuje na bolje slaganje empirijskih vrednosti sa modelom (Tabela 5, Grafikon 2).

**Grafikon 2.** Visinske krive na OP-1 (levo) i na OP-2 (desno) sa empirijski merenim visinama za odgovarajuće prsne prečnike.

**Figure 2.** Height curves on the EP-1 (left) and EP-2 (right) with empirically measured heights for the corresponding breast height diameters.



Visinske krive kod bagrema imaju veću zakrivljenost u tanjim prečnicima i ukazuju na prisustvo stabala sa manjim prečnicima i visinama. Različiti bonitet staništa uslovljava razdvajanje visinskih krivih i kod topole i kod bagrema na oglednim površinama. Položaj visinskih krivih topole i bagrema jasno pokazuje dvospratnu izgrađenost istraživane mešovite kulture u starosti od 10 godina (Grafikon 2).

**Tabela 5.** Parametri modela visinskih krivih i njihova ocena.

**Table 5.** The model parameters of height curves and their evaluation.

Vrsta <i>Species</i>	OP <i>EP</i>	Model: $h = a \cdot e^{-b/dbh} + 1.3$		Ocena modela <i>Model assessment</i>		
		a	b	R <sup>2</sup>	s <sub>e</sub> [m]	n
Topola <i>Poplar</i>	OP-1	25.82272	7.587266	0.8651	0.6036	42
	OP-2	28.47813	6.891195	0.8946	0.4581	41
Bagrem <i>Black locust</i>	OP-1	16.85545	3.933335	0.7563	1.1609	35
	OP-2	19.39680	4.141521	0.8614	1.0832	31

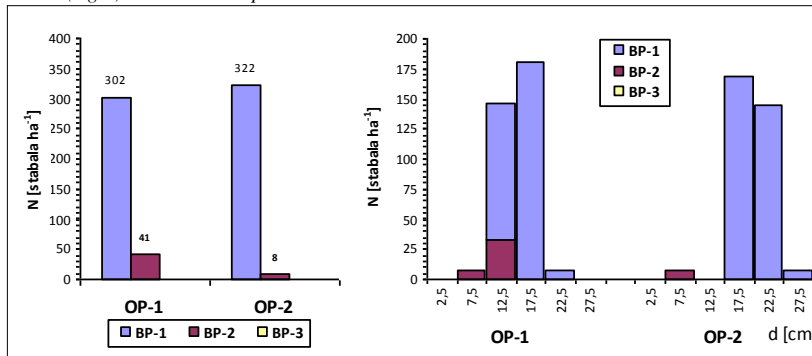
### 3.2.2 Biološke klase

Na oglednim površinama stabla topole čine nadstojnu etažu, nešto više na OP-2 (322 stabla po hektaru) u odnosu na OP-1 (302 stabla po hektaru). Stabla bagrema čine međustojeću etažu sa 837-980 stabala po hektaru i podstojnu etažu sa 1820-1920 stabala po hektaru. Na boljem bonitetu (OP-2) ima za 6% više stabala topole u nadstojnoj etaži u odnosu na OP-1, koji reprezentuje slabiji bonitet staništa. Međutim, na OP-1 ima za 17% više stabala bagrema u međustojećoj etaži u odnosu na OP-2. Navedeno ukazuje na različito diferenciranje

stabala topole i bagrema u zavisnosti od boniteta staništa koji reprezentuju ogledne površine (Grafikoni 3 i 4).

**Grafikon 3.** Broj stabala topole po hektaru različitih bioloških položaja (levo) i njihova distribucija po debljini (desno) na istraživanim oglednim površinama.

*Figure 3.* Number of poplar trees per hectare of different crown classes (left) and their diameter distribution (right) on the studied plots.

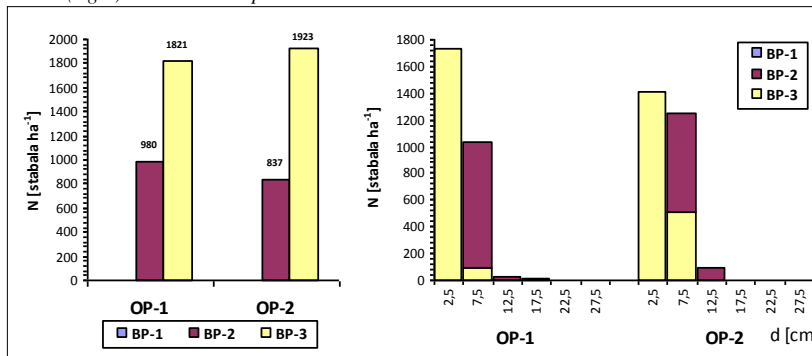


Najveći broj stabala topole se nalazi u debljinskom stepenu 17,5 cm na oba ogledna polja. Međutim, na OP-2 ima 145 stabala po hektaru više sa prečnicima većim od 20 cm.

Najveći broj stabala bagrema ima prsne prečnike manje od 5 cm na obe ogledne površine. Na obe ogledne površine međustojeća stabla bagrema imaju prsne prečnike veće od 5 cm. Međutim, dok na OP-1 podstojna stabla prečnika većih od 5 cm čine 5% broja podstojnih stabala, na OP-2 podstojna stabla sa prečnicima većim od 5 cm čine 26% stabala.

**Grafikon 4.** Broj stabala bagrema po hektaru različitih bioloških položaja (levo) i njihova distribucija po debljini (desno) na istraživanim oglednim površinama.

*Figure 4.* Number of black locust trees per hectare of different crown classes (left) and their diameter distribution (right) on the studied plots.



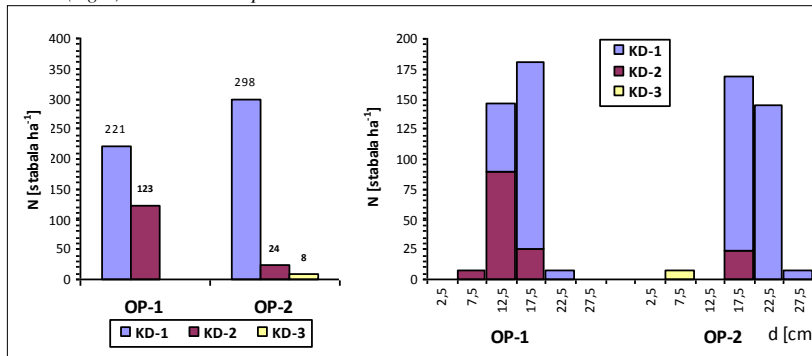
Stabala topole I kvaliteta debla na OP-1 ima 221 po hektaru, što je 64% ukupnog broja stabala topole, za razliku od OP-2 gde stabala topole I kvaliteta debla ima 298 ili 90% ukupnog broja stabala topole. Stabla topole I kvaliteta debla najzastupljenija su u debljinskom stepenu 17,5 cm na OP-1, dok su na OP-2 najzastupljenija su u debljinskim stepenima 17,5 i



22,5 cm (Grafikon 5). Ovi podaci ukazuje na bolju tehničku iskoristivost stabala topole na boljem bonitetu staništa.

**Grafikon 5.** Broj stabala topole po hektaru različitih stepena kvaliteta debla (levo) i njihova distribucija po debljini (desno) na istraživanim oglednim površinama.

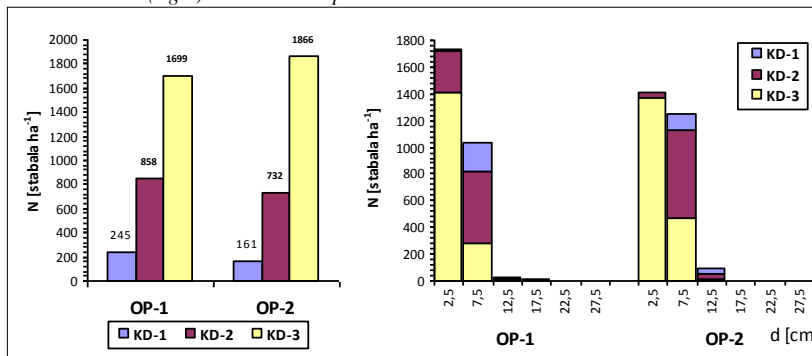
*Figure 5.* Number of poplar trees per hectare of different trunk quality classes (left) and their diameter distribution (right) on the studied plots.



Stabala bagrema sa I kvalitetom debla ima 245 na OP-1, a na OP-2 161 stablo po hektaru. Ova stabla su najzastupljenija u debljinskom stepenu 7,5 cm na obe ogledne površine. Stabala II kvaliteta debla ima 860 po hektaru na OP-1 i 730 stabala po hektaru na OP-2 sa najvećom zastupljenošću u debljinskom stepenu 7,5 cm. Najveći broj stabala bagrema je sa nekvalitetnim deblom (KD-3), na OP-1 1699 po hektaru, a na OP-2 1866 po hektaru. Ova stabla su najzastupljenija u debljinskom stepenu 2,5 cm na obe ogledne površine (Grafikon 6).

**Grafikon 6.** Broj stabala bagrema po hektaru različitih stepena kvaliteta debla (levo) i njihova distribucija po debljini (desno) na istraživanim oglednim površinama.

*Figure 6.* Number of black locust trees per hectare of different trunk quality classes (left) and their diameter distribution (right) on the studied plots.



#### 4. DISKUSIJA

Podizanje i održavanje mešovitih sastojina (kultura) u Srbiji na nekadašnjim ritskim staništima nema dugu tradiciju, naročito ne na većim površinama. Na manjim površinama, može se reći sporadično, šumarska operativa je osnivala mešovite sastojine, kao što je primer istraživane sastojine topole i bagrema.

Aluvijalna staništa, naročito zemljišta tipa fluvisol koja se formiraju u priobalnom delu velikih ravničarskih reka, kao što je reka Dunav, su vrlo varijabilna na malom prostoru (Živanov, 1980). Varijabilnost staništa uslovljava i značajnu varijabilnost elemenata rasta stabala što je utvrđeno i na transektu dužine 100 m u istraživanoj mešovitoj kulturi topole klona Pannonia i bagrema u starosti 10 godina. Utvrđene razlike u gornjim visinama od 3.7 m i u srednjim visinama od 4.3 m ukazuju na razlike koje su u nivou jednog bonitetnog razreda (Marković et al., 1987, Andrašev, 2008). Navedeno potvrđuju i dvostuko veće zapremine topole po hektaru na boljem bonitetu (OP-2) u odnosu na slabiji bonitet (OP-1) uz blizak broj stabala, 330-343 stabala po hektaru.

Prema dosadašnjim istraživanjima u zasadima euroameričkih topola razmak sadnje od 5 × 5 m, odnosno 400 stabala po hektaru, obezbeđuje najveću količinu drvene zapremine po hektaru na boljim i srednje povoljnim bonitetima staništa (Marković i Pudar, 1990; Marković et al., 1997). U zasadima topola osnovanim sa razmakom 5 × 5 m, kao i u zasadima sa razmakom 6 × 6 m, u starosti 10-11. godine dolazi do sklapanja krošnji stabala (Marković, 1980; Andrašev, 2003; Andrašev et al., 2012). U istraživanoj dvospratnoj kulturi i pored visokog procenta preživljavanja stabala topole do 10. godine (preko 80%), nije došlo do sklapanja njihovih krošnji na obe ogledne površine, a što je pogodovalo visokom procentu preživljavanja stabala bagrema na obe ogledne površine (oko 78%) u drugom spratu. Takođe, stabla bagrema su uticala na čišćenje donjih grana na stablima topole i time na manje troškove nege zasada usled izostanka mera orezivanja donjih grana koje se redovno primenjuju u monokulturama topola.

Elementi rasta stabala topole i bagrema, kao i prethodno navedeno ukazuju da mešovite kulture topole i bagrema ostvaruju veće drvene zapremine po hektaru u odnosu na monokulture (plantaže) topola u starosti 10 godina.

Na OP-1, koja reprezentuje slabiji bonitet zemljišta, stabla bagrema postižu manje elemente rasta stabala i sastojine u odnosu na oglednu površinu OP-2 na boljem bonitetu staništa. Međutim, razlike u elementima rasta stabala bagrema su manje u odnosu na razlike između elemenata rasta stabala topole. Navedeno bi se moglo objasniti zasenjivanjem bagrema od strane topole, koja na boljem bonitetu postižu veće visine, prečnike i krošnje, i time više zasenjuje bagrem u drugom spratu. Na slabijem bonitetu staništa (OP-1), usled manjih dimenzija stabala topole, stabla bagrema dobijaju veću količinu svetlosti te su njihove dimenzije prevashodno uslovljene bonitetom staništa.

Na slabijim bonitetima staništa stabla postižu manje dimenzije prečnika, visina i zapremina krošnji što uslovljava veći broj stabala po hektaru (Assmann, 1970). Imajući u vidu ovu činjenicu, može se zaključiti da je održavanje sličnog broj stabala bagrema do 10. godine starosti na oglednim površinama sa različitim bonitetom staništa uslovljeno povoljnim uslovima osvetljenosti u donjoj etaži.

Na osnovu broja stabala i elemenata rasta dve svetlojubive vrste u dvospratnoj kulturi, u starosti 10 godina, može se zaključiti da su stabla bagrema imala dovoljno svetlosti za preživljavanje i rast. Elementi rasta obe vrste uslovljeni su uticajem boniteta staništa, a rast bagrema je u većoj meri usporen na površini sa boljim bonitetom staništa.

Na boljem bonitetu staništa (OP-2) dolazi od intenzivnijeg diferenciranja stabala i zaostajanja u visinskom rastu većeg broja stabala bagrema u odnosu na OP-1. Manji broj međustojjećih stabala bagrema po hektaru na OP-2, uz manji broj stabala sa kvalitetnijim

deblom, posledica je manje količine svetlosti koja usled bržeg rasta topole dospeva u donju etažu na boljem bonitetu staništa (OP-2) u odnosu na slabiji bonitet (OP-1).

## 5. ZAKLJUČCI

Na osnovu elemenata rasta stabala i sastojine na istraživanim oglednim površinama u kulturi euroameričke topole klona Pannonia (radni naziv M-1) i bagrema u starosti 10 godina, osnovane sa 400 stabala topole i 3600 stabala bagrema, na aluvijalnom zemljištu tipa fluvisol, peskovite forme (Škorić et al., 1985), sa vrlo varijabilnim svojstvima na malom prostoru, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Na obe ogledne površine utvrđen je približno isti broj stabala po hektaru topole, 330-343, i bagrema, 2760-2800 stabala po hektaru.
- Istraživane sastojine razlikuju se po gornjim i srednjim visinama stabala topole za 3,7m ( $H_{100}$ ) i 4,3m ( $h_L$ ), odnosno u granicama jednog bonitetnog razreda. Na boljem bonitetu staništa stabla topole ostvarila su veće dominantne i srednje prečnike za blizu 5 cm, veću temeljnicu za 65% i dvostruko veću zapreminu po hektaru.
- Razlike u gornjim i srednjim visinama stabala bagrema su manje u odnosu na topolu (1,5-2,2 m), kao i razlike u srednjim i dominantnim prečnicima (0,6-1,1 cm), temeljnici (20%) i zapremini po hektaru (23%).
- Visinska i debljinska struktura, kao i visinske krive, ukazuju na dvospratnu izgrađenost mešovite sastojine topole, klona Pannonia, koja se nalazi u gornjoj etaži, i bagrema, koji se nalazi u donjoj etaži.
- Na boljem bonitetu staništa dolazi od intenzivnijeg diferenciranja stabala i zaostajanja u visinskom rastu većeg broja stabala bagrema u odnosu na slabiji bonitet. Manji broj međustojećih stabala bagrema po hektaru na boljem bonitetu, uz manji broj stabala sa kvalitetnijim deblom, posledica je manje količine svetlosti koja usled bržeg rasta topole dospeva u donju etažu u odnosu na slabiji bonitet.

Elementi rasta u istraživanoj sastojini ukazuju da mešovite kulture topole i bagrema ostvaruju veće drvene zapremine po hektaru u odnosu na čiste kulture (plantaže) topola u starosti 10 godina. Do navedene starosti stabla bagrema imaju dovoljno svetlosti za preživljavanje i rast, ali je rast u većoj meri usporen na boljem bonitetu. Na slabijem bonitetu, usled sporijeg rasta topole, podizanje mešovite kultura topole i bagrema ima više osnova, a konačan stav o tome moći će se dati nakon daljeg praćenja elemenata rasta na oglednim površinama.

## Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekata:

„Istraživanje klimatskih promena i njihovog uticaja na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (III43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2015. godine, i

„Unapređenje gajenja nizijskih šuma“, podprojekat „Gajenje topola, vrba i ostalih nizijskih vrsta“ koji finansira JP „Vojvodinašume“, Petrovaradin za period 2013-2017. godine.

## LITERATURA

Andrašev, S. (2003): Karakteristike rasta tri klonske sorte crnih topola (sekcija *Aigeiros* Duby.) u Srednjem Podunavlju. Magistarski rad, Šumarski fakultet, Beograd, str. 154.

- Andrašev S. (2008): Razvojno proizvodne karakteristike selekcionisanih klonova crnih topola (sekcija *Aigerios* Duby) u gornjem i srednjem Podunavlju. Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Beograd, 427 str.
- Andrašev, S., Bobinac, M., Rončević, S., Vučković, M., Stajić, B., Janjatović, G., Obućina, Z. (2012): Effects of thinning in a plantation of poplar clone I-214 with wide spacing. Šumarski list, 1-2: 37-56
- Assmann E., (1970): The principles of forest yield study. Pergamon Press, Oxford, New York, 506 pp.
- Bravo-Oviedo A., Strelcova K., Pretzsch H. (2014): EuMIXFOR Introduction: integrating scientific knowledge in sustainable management of Mixed Forests. Forest Systems, 23(3): 515-517.
- Cestar D., Kovačić Đ. (1982): Tablice drvnih masa crne joha i bagrema. Radovi 49, Zagreb.
- Herpka, I., (1979): Ekološke i biološke osobine autohtonih topola i vrba u ritским šumama Podunavlja. Radovi Instituta za topolarstvo. Knjiga 7. Novi Sad. (1-229).
- Kelty M.J, Cameron I.R. (1995): Plot designs for the analysis of species interactions in mixed stands. Commonwealth Forestry Review, 74(4): 322-332.
- Marković J., (1980): Produkcija biomase topole – *Populus × euramericana* (Dode) Guinier cl. I-214 u zasadima različite gustine na dva tipa zemljišta. Radovi Instituta za topolarstvo, 8: 1-227, Novi Sad.
- Marković, J., Živanov, N., Herpka, I., (1987): Proizvodne mogućnosti staništa za uzgoj topola i vrba na području ŠG 'Josip Kozarac' Nova Gradiška. Radovi Instituta za topolarstvo, 18: 85-132, Novi Sad.
- Marković, J., Pudar, Z., (1990): Uticaj gustine zasada na produkciju i vrednost drvne mase topola. Zbornik radova sa savetovanja 'Savremene metode pošumljavanja, nege i zaštite u očuvanju i proširenju šumskog fonda Srbije'. Arandelovac. (391-401).
- Marković, J., Rončević, S., Pudar, Z., (1997): Izbor razmaka sadnje pri osnivanju zasada topola. Topola, 159-160. Beograd. (7-26).
- Pantić D., Banković S., Medarević M., (2013): Završni Izveštaj po projektu "Izrada novih zapreminskih tablica za pojedine vrste drveća u Vojvodini", Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd
- Pretzsch H., (2003): The elasticity of growth in pure and mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.). Journal of Forestry Science, 49(11): 491-501.
- Redei K., (2002): Stand structure and yield of the mixed white poplar and black locust plantations on sandy ridges between the Danube and Tisza rivers in Hungary. Journal of Forestry Research, 13(2): 103-106.
- Redei K., Keseru Z., Raso J., Juhasz L., Gyori J., Antal B. (2012): Growth and yield of mixed black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) and white poplar (*Populus alba* L.) stands under sandy soil conditions in Hungary: a case study. Silva Balcanica, 13(1): 20-29.
- Stamenković, V., Vučković, M., (1988): Prirast i proizvodnost stabala i šumskih sastojina. Šumarski fakultet, Beograd. (1-368)
- Škorić A., Filipovski G., Ćirić M., (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine; Posebna izdanja, knjiga LXXVIII; Odeljenje prirodnih i matematičkih nauka, knjiga 13. Sarajevo (1-72).
- Vučković M., (1989): Razvojno-proizvodne karakteristike crnog bora u veštački podignutim sastojinama na Južnom Kučaju i Goču. Doktorska disertacija. Beograd. (1-239).
- West P.W. (2006): Growing Plantation Forests. Springer Berlin Heidelberg New York.
- Živanov, N., (1982): Varijabilnost svojstava aluvijalnih zemljišta i njihov značaj za proizvodnost topola. Topola, 133/134: 41-47.

**Summary**

**ELEMENTS OF GROWTH AND STRUCTURE OF MIDDLE AGED MIXED CULTURES OF EURO-AMERICAN POPLAR AND BLACK LOCUST ON FLUVISOL AT DIFFERENT SITE CLASSES**

by

Siniša Andrašev<sup>1</sup>, Martin Bobinac<sup>2</sup>, Andrijana Bauer-Živković<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Institute of lowland forestry and environment, Antona Čehova 13, Novi Sad

<sup>2</sup>University of Belgrade, Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, Beograd

<sup>3</sup>PhD student

Researches were carried out in a mixed culture of Euramerican poplar (*Populus × euroamericana* (Dode) Guinier), clone Pannonia (working title M-1) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), at age of 10 years, which is located in the upper Danube Region of Serbia (MU "Protected forests of Apatin", section 27, division a). The culture is established on alluvial soil type fluvisol, sandy form, with very variable characteristics on a small area. It was established after the clear-cutting of poplar plantations, clone I-214 and complete preparation of the site. Seedlings of poplar trees, clone Pannonia were planted with so called "deep" planting at a distance of 5 × 5 m (400 trees·ha<sup>-1</sup>), while black locust seedlings were planted with so called "normal" planting at a distance of 1 m between poplar trees (3600 trees·ha<sup>-1</sup>). The culture spontaneously developed to the observed age of 10 years.

For this study were analyzed the elements of growth and structure of culture on two sample plots of 12 areas, which were formed in the fall of 2014. Experimental plots are at a distance of 100 m.

The results showed that on both experimental plots are approximately the same number of trees per hectare, 330-343 poplar trees and 2760-2800 black locust trees per hectare. The study stands are distinguished by the top and middle heights of poplar trees by 3.7 m ( $H_{100}$ ) and 4.3 m ( $h_L$ ), ie. they differ by one site class. On both experimental plots was found approximately the same number of poplar trees per hectare, 330-343 trees, and black locust, 2760-2800 trees per hectare. On the better site classes poplar trees made larger dominant and medium breast height diameters for close to 5 cm, higher basal area by 65% and double the volume per hectare. Differences in the top and middle heights of black locust trees are less than the poplar (1.5-2.2 m), as well as differences in the middle and dominant diameters (0.6 to 1.1 cm), basal area (20%) and volume per hectare (23%).

Height and diameter structure, as well as the height curve, indicating a two-story structure, where the poplar is in the upper floor, and the black locust is in the lower floor.

On a better site classes comes to intensified differentiation of trees and lagging in height growth of greater number of black locust trees in relation to the weaker site classes.

A small number of intermediate black locust trees per hectare on better site class, with a smaller number of trees with better trunk quality, is the result of less amount of light that penetrates through upper storey to down level due to the faster growth of poplar compared to the lower site classes.

Elements of growth in researched cultures indicate that a mixed culture of poplar and black locust achieve greater wood volume per hectare compared to monocultures (plantations) of poplar at the age of 10 years. By the above mentioned age black locust trees have enough light for survival and growth, but the growth slowed down to a greater extent on better site class. The results indicate that on the weaker site classes, due to slower growth of poplar trees, establishment of the mixed culture of poplar and black locust has more justification, and final conclusion about it will be possible after further monitoring of growth elements on the experimental plots.