

UDK: 630*165.3+630*232.13:582.623
Оригинални научни рад
<https://doi.org/10.2298/GSF1920131N>

ВАРИЈАБИЛНОСТ КЛОНОВА БЕЛЕ ТОПОЛЕ У РАСАДНИЧКОМ ТЕСТУ

др Марина Нонић, доцент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд, Србија
(marina.nonic@sfb.bg.ac.rs)

МSc Ивона Керкез Јанковић, истраживач приправник, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд, Србија

др Јелена Алексић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду - Институт за молекуларну генетику и генетичко инжењерство

МSc Душан Игић, ЈП „Војводинашуме“, ШГ „Нови Сад“, Нови Сад, Србија

др Мирјана Шијачић-Николић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд, Србија

Извод: У овом раду је у двогодишњем расадничком тесту праћена морфолошка варијабилност аутохтоних нерегистрованих експерименталних клонова L-12, L-80 и L-100 беле тополе и регистрованог референтног клона Villafranca. Најбољи пријем резница и преживљавање ожиљеница током два вегетациона периода установљени су код клона L-12. Висина ожиљеница овог клона била је приближна висини ожиљеница клона Villafranca на крају првог вегетационог периода (ожиљенице типа 1/1), и нешто мања на крају другог вегетационог периода (ожиљенице типа 1/2). Клонови L-12 и Villafranca, који су се разликовали у пречнику на 10 cm од основе изданка током обе године, одликовали су се највећим вредностима пречника ожиљеница оба типа. Чеповање је имало највећи позитиван ефекат на повећање висине и пречника код клона L-100, док је за производњу квалитетних ожиљеница клона L-80 неопходна даља оптимизација.

ључне речи: *Populus alba* L., клонска технологија, ожиљенице типа 1/1 и 1/2, морфолошке карактеристике

УВОД

Бела топола, *Populus alba* L. (секција *Leuce*), је листопадно дрво распрострањено у Европи, западној и средњој Азији и северној Африци. Ова врста је захтевна у погледу светлости и обично се јавља у заједници са црном тополом, белом врбом и црном јовом, у аутохтоним приобалним шумским екосистемима на алувијалном, песковитом и сувом, или на

дубоком, збијеном и калцификованом земљишту. Шумске заједнице тополе генерално се сматрају прелазним облицима ка заједницама врбе, храста, бреста и јасена. Услед веома брзог раста, бела топола нарочито је погодна за подизање засада у функцији заштите приобалних зона, као и ветробраних појасева. Оваква примена беле тополе интензивирана је у бившој

Југославији после Првог светског рата (Guzina, 1986; Vuksanović, 2019).

Широка распрострањеност природних популација беле тополе опада, нарочито током последњих неколико деценија, услед смањења нивоа подземних вода, недовољне количине падавина током сезоне раста, конверзије приобалних подручја у пољопривредно земљиште, итд. (Rédei *et al.*, 2010). Ова врста се данас сматра ретком, чак и угроженом врстом у Србији (Kovačević *et al.*, 2010). Стога је неопходно предузети одређене активности у циљу очувања генетичких ресурса ове врсте. Током последњих двадесет година, иницирано је неколико европских програма и пројеката који су за циљ имали карактеризацију и очување беле тополе (нпр. EUFORGEN Program, Scattered Broadleaves Network). У овим програмима истакнута је потреба за спровођењем *in situ* мера конзервације, које су обично повезане са очувањем станишта ове врсте, али и примене *ex situ* мера. Једна од предложених мера *ex situ* очувања гермплазме беле тополе је и конверзија плантажа у аутохтоне шуме.

Оснивање плантажа шумских врста, укључујући и белу тополу, подразумева повећање интезитета производње репродуктивног материјала одговарајућег квалитета. Закон о репродуктивном материјалу шумског дрвећа (2004), налаже да се за оснивање плантажа може користити искључиво квалификован или тестиран (сортни) репродуктивни материјал. Према овом Закону, квалификован садни материјал који се, нпр. у упоредним тестовима, покаже као супериоран, може се сматрати тестираним (сортним) репродуктивним материјалом. Стога се компаративни тестови, у којима се пореде жељене карактеристике различитих експерименталних клонова са референтним клоновима, могу сматрати важном компонентом процеса производње квалитетног репродуктивног материјала, који је неопходан за оснивање плантажа и за друге примене.

Истраживања различитих својстава клонова беле тополе вршена су у бројним компаративним тестовима, како у свету (нпр. Rédei, 2000; Zhao *et al.*, 2013), тако и у Србији (нпр. Orlović *et al.*, 2003; Kovačević *et al.*, 2006, 2010, 2013,

2014; Rončević *et al.*, 2012; Katanić *et al.*, 2014, 2015; Todorović, 2016; Kovačević, Igić, 2018; Vuksanović *et al.*, 2019 a, b). Један од често коришћених референтних клонова у овим тестовима је Villafranca (I-58/57, или једноставно 58/57), који је, такође, један од најчешће гајених клонова у свету (Guzina, 1986). Поред тога, ово је и једини регистровани клон беле тополе у Србији. Међутим, неколико селекција Института за низијско шумарство и животну средину, Нови Сад, Србија, попут L-12, L-80 и L-100, тренутно су у експерименталној фази и доступни су у Србији за експерименталне сврхе. Стога су додатни подаци о њиховој производњи у расадницима добродошли.

Циљ овог рада је поређење пријема резница, преживљавања и релевантних морфолошких карактеристика (висина и пречник на 10 cm од основе изданка) ожиљеница нерегистрованих експерименталних клонова беле тополе L-12, L-80, L-100 и референтног клона Villafranca у расадничком тесту, као основа за масовну производњу оплемењеног садног материјала.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Биљни материјал

Биљни материјал коришћен у овом раду обухвата четири клона беле тополе од којих један, Villafranca, представља референтни клон, а три, L-12, L-80 и L-100, представљају експерименталне клонове који још увек нису регистровани у Србији. Villafranca је селекционисана у Италији (Poplar Research Institute, Casale Monferrato) док су остали клонови селекционисани у Институту за низијско шумарство и заштиту животне средине у Новом Саду, Србија.

Коришћено је 300 резница по клону (укупно 1200), које су израђене од прUTOва једногодишњих садница сва четири клона у пролеће 2018. године. Пречник резница се кретао од 1,5 до 2,0 cm, а дужина од 18,0 до 22,0 cm. Резнице су складиштене у хладњачи на ниској температури (1,8-3,6°C), и пре побадања су, најпре, потопљене у воду у трајању од 24 h (слика 1), а затим и у раствор бакар-сулфата.



Слика 1. Резнице четири клона беле тополе

Расаднички шесѝ

Расаднички тест основан је у расаднику Шумарског факулета, Универзитета у Београду, у пролеће 2018. године (11. април), од резница четири клона беле тополе које су побадане у размаку 20×20 см (слика 2). Карактеристике земљишта су раније проучене (No*ni*ć, 2016). Тест је основан по потпуно случајном блок систему у три понављања.

У тесту су, током вегетације, редовно спровођене мере неге: заливање, пинцирање бочних избојака, уклањање корова, окопавање. Поред тога, вршено је и фолијарно прихрањивање NPK 15:15:15 ђубривом, три пута током сезоне раста. Процент пријема утврђен је на основу броја резница које су дале виталне изданке. На крају прве сезоне раста, процењено је преживљавање ожиљеница типа 1/1, које су у рано пролеће 2019. године чеповане. На крају друге сезоне, процењено је преживљавање ожиљеница типа 1/2.



Слика 2. Оснивање расадничког теста у пролеће 2018. године

Морфолошка својсѝва клонова беле тополе у расадничком шесѝу

Висина и пречник на 10 см од основе изданка ожиљеница сва четири клона мерени су у јесен 2018. године (ожиљенице типа 1/1) и у јесен 2019. године (ожиљенице типа 1/2). Добијени подаци су коришћени за израчунавање основних параметара дескриптивне статистике (минимална и максимална вредност, средња вредност, стандардна девијација и коефицијент варијације), коришћењем програма *Statgraphics Centurion XVI.II software* (*StatPoint Technologies, Inc. www.statgraphics.com*). Варијабилност између четири клона беле тополе утврђена је једнофакторијалном анализом варијансе (*One-Way ANOVA*), а тест најмање значајних разлика (*LSD* тест) је коришћен у циљу груписања клонова у хомогене групе.

РЕЗУЛАТИ

Варијабилност пријема резница и преживљавања ожиљеница типа 1/1 и 1/2

Појава виталних изданака резница забележена је у пролеће 2018. године и коришћена је за утврђивање процента пријема резница истраживаних клонова (табела 1, слика 3). Укупан пријем резница сва четири клона био је 61,33%.



Слика 3. Витални изданак резнице клона L-12 у расадничком тесту

Табела 1. Пријем резница и преживљавање ожиљеница типа 1/1 и 1/2 четири клона беле тополе

Редни број	Ознака клона	Број резница	Пријем резница		Преживљавање ожиљеница 1/1		Преживљавање ожиљеница 1/2	
			Број	Процент	Број	Процент	Број	Процент
1	L-12	300	223	74,33%	175	58,33%	169	56,33%
2	L-80	300	180	60,00%	79	26,33%	70	23,33%
3	L-100	300	162	54,00%	60	20,00%	47	15,66%
4	58/57	300	171	57,00%	76	25,33%	64	21,33%
Укупно		1200	736	61,33%	390	32,50%	350	29,16%

Пријем резница појединачних клонова био је варијабилан, али је код сва четири клона био изнад 50%. Највећи проценат пријема забележен је код клона L-12 (74,33%), а најмањи код клона L-100 (54,00%).

Успешност преживљавања закореењених резница у расадничком тесту процењена је на основу броја ожиљеница које су дале виталне изданке након прве сезоне раста (ожиљенице типа 1/1), као и након друге сезоне раста (ожиљенице типа 1/2) (табела 1).

Укупно преживљавање ожиљеница типа 1/1 сва четири клона било је 32,50%, док је преживљавање ожиљеница типа 1/2 било нешто ниже (29,16%). Највећи проценат преживљавања оба типа ожиљеница уочен је код клона L-12 (58,33% и 56,33%, респективно), док је код осталих клонова преживљавање оба типа ожиљеница било испод 50,00%. Најнижи проценат преживљавања оба типа ожиљеница забележен је код клона L-100 (20,00% за ожиљенице типа 1/1, и 15,66% за ожиљенице типа 1/2). На слици 4 приказане су ожиљенице клонова беле тополе типа 1/2 у расадничком тесту.



Слика 4. Ожиљенице клонова беле тополе типа 1/2 у јесен 2019. године

Морфолошка варијабилност ожиљеница типа 1/1

Висина ожиљеница типа 1/1 мерена је у пролеће 2019. године (табела 2). Највећа средња висина забележена је код клона 58/57 ($145,84 \pm 35,93$ cm), док је нешто нижа вредност забележена код клона L-12 ($144,06 \pm 37,90$ cm). Код ових клонова измерене су највеће максималне висине (изнад 200,00 cm). Међутим, минимална висина ожиљеница клона L-12 била је у опсегу висина уочених код клонова L-80 и L-100 (39,00 до 50,00 cm), док је минимална висина ожиљеница клона 58/57 била скоро дупло већа (82,00 cm). Средња висина ожиљеница клонова L-80 и L-100 била је мања од 100,00 cm ($83,03 \pm 23,67$ cm, и $94,48 \pm 28,24$ cm, респективно).

Резултати једнофакторијалне анализе варијансе указују на статистички значајне разлике за висине ожиљеница типа 1/1 ($p < 0,05$, табела 2). Овај налаз потврђен је и резултатима LSD теста (табела 3) који указује на постојање три

Табела 2. Основни параметри дескриптивне статистике и ANOVA за висине ожиљеница типа 1/1

Редни број	Ознака клона	Број ожиљеница	Минимум (cm)	Максимум (cm)	Средња вредност (cm)	SD (cm)	CV (%)
1	L-12	175	40,00	228,00	144,06	37,90	26,31%
2	L-80	79	39,00	140,00	83,03	23,67	28,51%
3	L-100	60	50,00	175,00	94,48	28,24	29,89%
4	58/57	76	82,00	225,00	145,84	35,93	24,64%
ANOVA	Средина квадрајта		F-однос		P-вредносћ		
	97179,8		85,73		0,0000		

Табела 3. Резултати LSD теста за висине ожиљеница типа 1/1 четири клона беле тополе (а, б и с означавају хомогене групе)

Редни број	Ознака клона	Средња вредност (cm)
1	L-80	83,03 ^c
3	L-100	94,48 ^b
2	L-12	144,06 ^a
4	58/57	145,84 ^a

Табела 5. Резултати LSD теста за пречнике на 10 cm од основе изданка ожиљеница типа 1/1 четири клона беле тополе (а, б и с означавају хомогене групе)

Редни број	Ознака клона	Средња вредност (cm)
1	L-100	6,77 ^c
3	L-80	6,89 ^c
2	L-12	9,08 ^b
4	58/57	9,94 ^a

Табела 4. Основни параметри дескриптивне статистике и ANOVA за пречнике на 10 cm од основе изданка ожиљеница типа 1/1

Редни број	Ознака клона	Број ожиљеница	Минимум (cm)	Максимум (cm)	Средња вредност (cm)	SD (cm)	CV (%)
1	L-12	175	3,70	19,18	9,08	2,82	31,04%
2	L-80	79	3,77	12,52	6,89	2,25	32,66%
3	L-100	60	4,26	11,22	6,77	1,53	22,62%
4	58/57	76	4,59	15,30	9,94	2,71	27,26%
ANOVA	Средина квадрајта		F-однос		P-вредносћ		
	198,573		31,10		0,0000		

хомогене групе. Прву хомогену групу чине клонови L-12 и 58/57, док се клонови L-80 и L-100 издвајају у засебне групе (табела 3).

Пречник на 10 cm од основе изданка ожиљеница типа 1/1 мерен је у пролеће 2019. године (табела 4). Највећи средњи пречник забележен је код клона 58/57 ($9,94 \pm 2,71$ cm), а код клона L-12, такође, је био изнад 9 cm ($9,08 \pm 2,82$ cm). Највиша максимална вредност и најнижа минимална вредност пречника измерене су код клона L-12 (19,18 cm и 3,70 cm). Клон 58/57 карактеришу умерене максималне вредности пречника на 10 cm од основе изданка (15,30 cm), као и највише минималне вредности (4,59 cm).

Резултати једнофакторијалне анализе варијансе указују на статистички значајне разлике за пречнике на 10 cm од основе изданка ожиљеница типа 1/1 ($p < 0,05$, табела 4). Овај налаз потврђен је и резултатима LSD теста (табела 5) који указује на постојање три хомогене групе. Једну хомогену групу чине клонови L-80 и L-100, док се клонови L-12 и 58/57 издвајају у засебне групе (табела 5).

Табела 6. Основни параметри дескриптивне статистике и ANOVA за висине ожиљеница типа 1/2

Редни број	Ознака клона	Број ожиљеница	Минимум (cm)	Максимум (cm)	Средња вредност (cm)	SD (cm)	CV (%)
1	L-12	157	82,00	340,00	210,56	62,25	29,56%
2	L-80	70	53,00	223,00	124,06	39,46	31,81%
3	L-100	42	100,0	270,00	182,57	38,97	21,35%
4	58/57	60	120,0	339,00	245,27	49,32	20,11%
ANOVA		<i>Средина квадрата</i>		<i>F-огнос</i>		<i>P-вредносћ</i>	
		182802,0		64,74		0,0000	

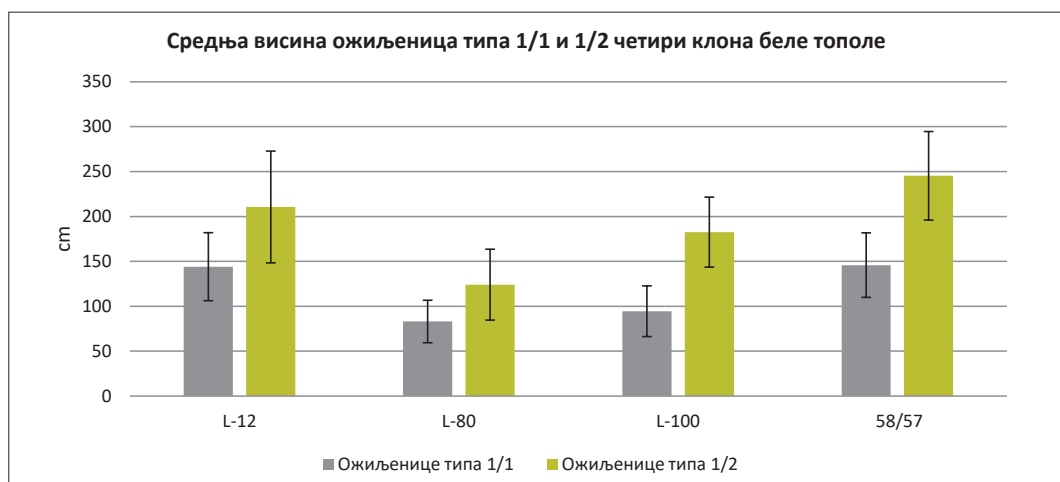
Морфолошка варијабилност ожиљеница типа 1/2

Висина ожиљеница типа 1/2 сва четири клона мерена је у јесен 2019. године (табела 6). Највећа средња висина забележена је код клона 58/57 (245,27±49,32 cm), док је нешто нижа вредност забележена код клона L-12 (210,56±62,25 cm). Код ових клонова измерене су максималне висине (изнад 300,00 cm). Међутим, минимална висина ожиљеница клона L-12 била је скоро 40,00 cm нижа у односу на висине забележене код клона 58/57 (80,00 cm и 120,00 cm, респективно). Најнижа средња висина измерена је код клона L-80 (124,06±39,46 cm), и ова вредност била је duplo мања у односу на ону забележену код клона 58/57.

Разлике у средњим вредностима висина ожиљеница типа 1/1 и 1/2 четири клона беле тополе израженије су код клонова L-12, L-100 и 58/57, него код клона L-80 (графикон 1).

Резултати једнофакторијалне анализе варијансе указују на статистички значајне разлике за висине ожиљеница типа 1/2 ($p < 0,05$, табела 6). Овај налаз потврђен је и резултатима *LSD* теста (табела 7) који показује да сваки клон чини засебну хомогену групу.

Пречник на 10 cm од основе изданка ожиљеница типа 1/2 мерен је у јесен 2019. године (табела 8). Највећи средњи пречник забележен је код клона 58/57 (24,70±5,72 cm), међутим, и код клонова L-12 и L-100 вредности пречника биле су изнад 20 cm (21,65±8,26 cm, и 20,01±5,47 cm, респективно). Средњи пречник



Графикон 1. Средња вредност и стандардна девијација за висине ожиљеница типа 1/1 и 1/2 четири клона беле тополе

код клона L-80 био је скоро три пута мањи ($8,89 \pm 2,96$ cm), а за овај клон уочене су и најмање максималне и минималне вредности

Табела 7. Резултати *LSD* теста за висине ожиљеница типа 1/2 четири клона беле тополе (а, б, с и d означавају хомогене групе)

Редни број	Ознака клона	Средња вредност (cm)
1	L-80	124,06 ^d
3	L-100	182,57 ^c
2	L-12	210,56 ^b
4	58/57	245,27 ^a

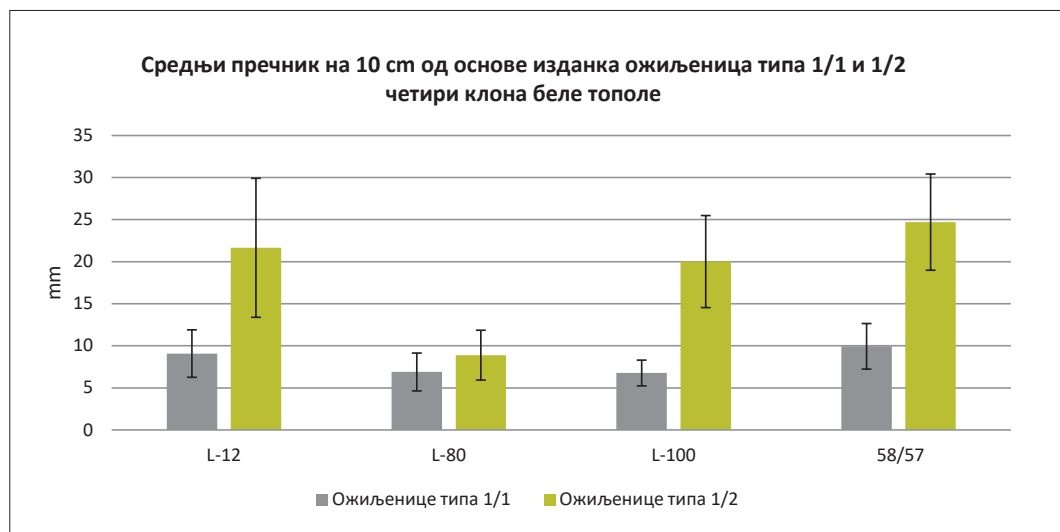
пречника (16,27 cm и 4,43 cm, респективно). Највиша максимална вредност пречника од 55,26 cm измерена је код клона L-12, док је код клона 58/57 износила 39,26 cm. Овај клон, такође, карактерише и највиша максимална вредност пречника (12,16 cm), која је код клона L-12 дупло мања (6,87 cm).

Разлике у средњем пречнику на 10 cm од основе изданка ожиљеница типа 1/1 и 1/2 биле су израженије код клонова L-12, L-100 и 58/57, док је повећање вредности пречника код клона L-80 било занемарљиво (графикон 2).

Резултати једнофакторијалне анализе варијансе указују на статистички значајне разлике за пречнике на 10 cm од основе изданка

Табела 8. Основни параметри дескриптивне статистике и ANOVA за пречнике на 10 cm од основе изданка ожиљеница типа 1/2

Редни број	Ознака клона	Број ожиљеница	Минимум (cm)	Максимум (cm)	Средња вредност (cm)	SD (cm)	CV (%)
1	L-12	157	6,87	55,26	21,65	8,26	38,15%
2	L-80	70	4,43	16,27	8,89	2,96	33,26%
3	L-100	42	9,52	31,71	20,01	5,47	27,34%
4	58/57	60	12,16	39,26	24,70	5,72	23,16%
ANOVA		<i>Средина квадрајта</i>		<i>F-однос</i>		<i>P-вредносћ</i>	
		3409,12		76,93		0,0000	



Графикон 2. Средња вредност и стандардна девијација за пречнике на 10 cm од основе изданка ожиљеница типа 1/1 и 1/2 четири клона беле тополе

ожиљеница типа 1/2 ($p < 0,05$, табела 8). Овај налаз потврђен је и резултатима *LSD* теста (табела 9), који указује на постојање три хомогене групе. Једну хомогену групу чине клонови L-12 и L-100, док се клонови L-80 и 58/57 издвајају у засебне групе (табела 9).

Табела 9. Резултати *LSD* теста за пречнике на 10 cm од основе изданка ожиљеница типа 1/2 четири клона беле тополе (a, b и c означавају хомогене групе)

Редни број	Ознака клона	Средња вредност (cm)
1	L-80	8,89 ^c
3	L-100	20,01 ^b
2	L-12	21,65 ^b
4	58/57	24,70 ^a

ДИСКУСИЈА

Бела топола се данас сматра ретком и угроженом дрвенастом врстом, без обзира на широк ареал распрострањења (Kovačević *et al.*, 2010). И поред тога, сугерисано је да се ова врста одликује веома богатим генофондом, нарочито у средњем региону Панонске низије, у којем су заступљени песковити наноси, као и у подножју великих река (Szodfridt, Palotás, 1973). Овакав генофонд представља непроцењив ресурс за селекцију клонова, који касније могу бити побољшани, у различитим оплемењивачким програмима, и коришћени за оснивање плантажа и у друге сврхе, као што су заштитни приобални засади, ветробрани појасеви, итд. (Guzina, 1986; Vuksanović, 2019). Вреди напоменути да је један од основних праваца оплемењивања белих топола толеранција на сушу и друге абиотичке стресове, као и производња индивидуа добре форме стабла које могу дати квалитетан сортимент (тј. без лажне срчке) и које се могу прилагодити променљивим условима средине (Rédei, 1994; Vuksanović, 2019). То је од значаја у контексту глобалног загревања (IPCC, 2014) и снижавања нивоа подземних вода (Rédei *et al.*, 2010), веома битних фактора, који утичу на опстанак и раст белих топола на природним стаништима.

Један од најчешће гајених клонова беле тополе у Србији и свету је италијански клон Villafranca (58/57). Овај клон је једини регистровани клон беле тополе у Србији, и у овом раду коришћен је као референтни клон, са којим су поређени клонови L-12, L-80 и L-100 са аспекта пријема резница, као и преживљавања и морфолошке варијабилности ожиљеница. Наведени клонови су селекционисани у Србији на Институту за низијско шумарство и животну средину, Нови Сад, нису регистровани, и још увек се налазе у експерименталној фази истраживања. Успешност пријема резница клонова Villafranca, L-80 и L-100 кретала се од 54,00 до 60,00%, док су резнице клона L-12 показале најбољи проценат пријема (74,33%). Штавише, L-12 је надмашио друге клонове у погледу преживљавања ожиљеница током прве вегетационе сезоне (ожиљенице типа 1/1, преживљавање 58,33%) и друге вегетационе сезоне (ожиљенице типа 1/2, преживљавање 56,33%). Ове вредности су више него дупло веће у поређењу са вредностима добијеним за преживљавање оба типа ожиљеница код клона Villafranca, што указује на чињеницу да је успешност преживљавања аутохтоног клона L-12 боља од италијанског клона Villafranca. Важно је напоменути да су Kovačević *et al.* (2014) уочили сличан проценат преживљавања ожиљеница типа 1/1 код клона L-12 (54,71%). С обзиром да је показано да време припреме резница, складиштења и побадања могу утицати на ожиљавање два типа еуроамеричких топола (Kovačević *et al.*, 2006; Kovačević, Igić, 2018), претпоставља се да преживљавање ожиљеница може бити побољшано ранијом припремом и побадањем резница, уколико услови средине то дозвољавају.

Ожиљенице клонова L-12 и Villafranca имале су приближно исту висину током првог вегетационог периода (144,06±37,90 cm и 145,84±35,93 cm, респективно, табела 2) и груписане су у исту хомогену групу према *LSD* тесту (табела 3). Међутим, Villafranca је показала боље резултате у погледу висине у односу на L-12 на крају другог вегетационог периода (245,27±49,32 cm, и 210,56±62,25 cm, респективно), и ови клонови су груписани у различите хомогене групе (табела 6, графикон 1).

Наведене средње висине ових клонова упоредиве су са висинама забележеним код трогодишњих мађарских клонова беле тополе (2,5 m до 3,7 m, Rédei, 2000). С обзиром да су Kovačević *et al.* (2014) показали да ожиљенице типа 1/1 клона L-12 достижу средњу висину од 201,44 cm, овакав резултат може се приписати разликама у условима у расаднику, као што су својства земљишта и примењивана технологија производње. Имајући у виду услове расадничког теста у овом раду, задовољавајући квалитет садног материјала клонова L-12 и Villafranca (тј., висина $\geq 180,00$ cm) може се постићи кроз две године и применом чеповања. Вредно је напоменути да је још један експериментални клон, L-100, постигао средњу висину изнад 180,00 cm након другог вегетационог периода (табела 6). С обзиром да је само код овог клона примена чеповања резултирала удвостручавањем висине ($94,48 \pm 28,24$ cm, и $182,57 \pm 38,97$ cm), ова мера препоручује се за примену у производњи репродуктивног материјала овог клона. С друге стране, средња висина ожиљеница клона L-80 је била мања од 100,00 cm на крају првог вегетационог периода, и мања од 130,00 cm на крају другог, што указује на чињеницу да су за добијање квалитетних ожиљеница овог клона неопходна даља истраживања и оптимизација. Ови налази су у складу са становиштем да је у неким случајевима потребно прилагодити и оптимизовати производњу са индивидуалним специфичностима клонова у циљу добијања квалитетног репродуктивног материјала.

Сличан тренд примећен је и код средњих вредности пречника на 10 cm од основе изданка ожиљеница типа 1/1 (табела 4) и 1/2 (табела 8) истраживаних клонова. Иако су пречници ожиљеница типа 1/1 клонова Villafranca и L-12 превазилазили 9 cm, према резултатима LSD теста, ови клонови груписани су у различите хомогене групе (табела 5). У случају ожиљеница типа 1/2, средњи пречник три клона, Villafranca, L-12 и L-100, превазилазио је 20 cm, и они су формирали две хомогене групе (једна L-12 и L-100, друга Villafranca, табела 9). Стога је, слично као и у случају средњих висина, чеповање имало највећи позитиван ефекат на повећање вредности пречника код клона L-100, који је скоро достигао пречник клона L-12 у другом

вегетационом периоду (табела 9, графикон 2). Са друге стране, иако су ожиљенице клонова L-12 и Villafranca постигле скоро идентичне висине током првог вегетационог периода, њихов пречник се разликовао – ожиљенице клона Villafranca одликовале су се већим пречником. Штавише, пречник ожиљеница типа 1/2 клона Villafranca био је већи од пречника клонова L-12 и L-100, што указује на чињеницу да је, у погледу повећања пречника, овај клон бољи у односу на истраживане аутохтоне клонове. На крају, повећање пречника клона L-80 на крају другог вегетационог периода износило је свега 2 cm, што је у складу са ранијом опсервацијом да је за производњу квалитетних ожиљеница овог клона неопходна даља оптимизација производног процеса.

ЗАКЉУЧЦИ

У овом раду је у двогодишњем расадничком тесту праћена морфолошка варијабилност аутохтоних нерегистрованих експерименталних клонова L-12, L-80 и L-100 беле тополе и регистрованог референтног клона Villafranca. Резултати истраживања показали су да је L-12 показао више вредности у односу на остале истраживане клонове, у погледу пријема резница и преживљавања ожиљеница током два вегетациона периода. У погледу висине ожиљеница типа 1/1, L-12 је сличан са клоном Villafranca, док су се ожиљенице типа 1/2 клона L-12 одликовале нешто мањом висином у поређењу са клоном Villafranca.

Клонови L-12 и Villafranca су током обе вегетационе сезоне остварили задовољавајуће вредности пречника на 10 cm од основе изданка, али је разлика у измереним вредностима била значајна током обе године мерења. Изузетно позитиван ефекат на повећање вредности висина и пречника код клона L-100 имало је чеповање, те се ова мера препоручује у циљу добијања квалитетних ожиљеница овог клона. С обзиром да су уочене релативно ниске вредности висине (испод 130 cm) и пречника (испод 9 cm) ожиљеница типа 1/2 клона L-80, за добијање квалитетних ожиљеница овог клона, неопходна су даља истраживања и оптимизација.

Спроведена истраживања представљају допринос упознавању морфолошких карактеристика анализираних клонова у расадничким условима, као основе за њихово даље коришћење. Започета истраживања биће настављена у пољском огледу, који је основан на подручју Великог ратног острва у јесен 2019. године.

Напомена: Рад је финансиран средствима пројекта „Производња ојлемењеној рејродуктивної майеріјала беле ѿойоле на Великом райном осјрву” (ЈКП „Зеленило-Београд”) и пројекта „Шумски засади у функцији ѿвећања ѿошумљеносіи Србије” (ТР 31041), Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

VARIABILITY OF WHITE POPLAR CLONES IN A NURSERY TRIAL

Dr. Marina Nonić, Assistant Professor, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia (marina.nonic@sfb.bg.ac.rs)

MSc Ivona Kerkez Janković, Junior Researcher, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia

Dr. Jelena M. Aleksić, Senior Research Professor, University of Belgrade, Institute of Molecular Genetics and Genetic Engineering, Belgrade, Serbia

MSc Dušan Igić, PE „Vojvodinašume”, FH „Novi Sad”, Novi Sad, Serbia

Dr. Mirjana Šijačić-Nikolić, Full Professor, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia

Abstract: In this paper, the morphological variability of autochthonous unregistered experimental white poplar clones, L-12, L-80 and L-100, and the registered reference clone Villafranca were monitored in a two-year nursery trial. The highest percentage of rooting of cuttings and survival of rooted cuttings were recorded for clone L-12, during the two growing seasons. The height of rooted cuttings of L-12 was almost identical to that of Villafranca during the first growing season (rooted cuttings 1/1), and slightly lower, in comparison to Villafranca, after the second growing season (rooted cuttings 1/2). The L-12 and Villafranca clones, which differed in diameter at 10th cm from shoot base, during both years, had the highest values of the diameter of rooted cuttings of both types. Coppicing appears to have an exceptionally positive effect on the increase in both height and diameter in clone L-100, while the production of quality rooted cuttings of L-80 requires further optimization.

Keywords: *Populus alba* L., clonal technology, rooted cuttings 1/1 and 1/2, morphological features

INTRODUCTION

White poplar, *Populus alba* L. (section *Leuce*), is a deciduous tree species distributed in Europe, Western and Central Asia and Northern Africa. It is a light-demanding species that is usually mixed with black poplar, white willow and black alder in autochthonous riparian forest ecosystems found on alluvial soils, sandy and dry soils or gravely deep calcareous soils. Poplar forests are, in general, considered as transitional stands between willow forests and oak, elm and ash forests. Due to its fast growth, white poplar is particularly

suitable for usage in protective stands mainly in riparian zones, as well as for shelterbelts for wind protection. Such usage of white poplar became rather common in the Pannonian plain in former Yugoslavia especially after the First World War (Guzina, 1986; Vuksanović, 2019).

Natural populations of white poplar were more abundant in the past, but are declining especially over the past few decades due to various reasons, such as lowering of the ground-water table, insufficient precipitation during the growing season,

conversion of riparian areas into agricultural land, etc. (Rédei *et al.*, 2010). Nowadays, this species is rather rare and regarded even as a threatened species in Serbia (Kovačević *et al.* 2010). Therefore, actions towards the conservation of its genetic resources are needed. Over the past 20 years, several European-wide programs and projects, aimed at characterizing and preserving white poplars, have been initiated (e.g., EUFORGEN Program, Scattered Broadleaves Network). They highlight the need for both *in situ* conservation measures, usually associated with the preservation of white poplar habitats, as well as *ex situ* measures. It has been suggested that one of the possible *ex situ* measures for the conservation of white polar germplasm is the conversion of plantations into autochthonous forests.

The establishment of plantations of forest tree species including white poplar requires increased production of the proper reproductive material. The Law on Forest Reproductive Material (2004) states that only qualified or tested (sorted) reproductive material may be used for the establishment of plantations. According to this Law, when qualified reproductive material is proven to be superior in, for instance, in comparative tests, it is regarded as tested (sorted) reproductive material. Therefore, comparative tests, in which relevant features of various experimental clones are compared to those observed in reference clones, may be regarded as an important component of the process of production of quality reproductive material needed for the establishment of plantations and other purposes.

To date, numerous comparative tests with white poplar clones investigating their various features have been carried out worldwide (e.g., Rédei, 2000; Zhao *et al.*, 2013), and in Serbia (e.g., Orlović *et al.*, 2003; Kovačević *et al.*, 2006, 2010, 2013, 2014; Rončević *et al.*, 2012; Katanić *et al.*, 2014, 2015; Todorović, 2016; Kovačević, Igić, 2018; Vuksanović *et al.*, 2019 a, b). One of the frequently used reference clones in these tests is Villafranca (I-58/57, or simply 58/57) which is also one of the most commonly grown clones in the world (Guzina, 1986). Furthermore, it is the only one registered white poplar clone in Serbia. However, several selections of the Institute of Lowland Forestry and

Environment, Novi Sad, Serbia, such as L-12, L-80, and L-100, are currently in the experimental phase and are available in Serbia for experimental purposes. Therefore, additional data on their production in nurseries and other features are needed.

The aim of this work is to compare the survival success of cuttings and relevant morphological features (height and diameter at 10th cm from shoot base) of rooted cuttings of unregistered white poplar clones L-12, L-80 and L-100 with the reference clone Villafranca in the nursery trial, as a basis for mass production of bred planting material.

MATERIALS AND METHODS

Plant material

The plant material used in this study comprises four white polar clones of which one, Villafranca, represents a reference clone, and three, L-12, L-80, and L-100, represent clones that have not been registered in Serbia yet and are in the experimental phase. Villafranca was selected at the Poplar Research Institute, Casale Monferrato, Italy, and the remaining clones were selected at the Institute of Lowland Forestry and Environment in Novi Sad (Serbia).

We used 300 cuttings per clone (1200 cuttings in total) which were made from the stem of one-year-old cuttings of all four clones in spring 2018. The diameter of cuttings was in the range from 1.5 to 2.0 cm and their length was in the range from 8.0 to 22.0 cm. The cuttings were kept at low temperatures (1.8-3.6° C) in the refrigerator. Before planting, they were soaked in water for 24 h (Figure 1), and then in copper sulphate.



Figure 1. Cuttings of the four white poplar clones



Figure 2. Establishment of the nursery trial in spring 2018

Nursery trial

The nursery trial was established in the nursery of the University of Belgrade Faculty of Forestry in spring (11th April) 2018, with cuttings of all four white poplar clones which were planted at a *distance of 20 cm x 20 cm* (Figure 2). The soil conditions in the nursery can be found elsewhere (Nonić, 2016). The trial was established following a completely randomized design in three repetitions.

The following measures were regularly taken in the nursery trial, during the vegetation season: irrigating, removing side shoots, removing weeds and hoeing. In addition, NPK 15:15:15 foliar fertilization was performed three times during the growing season. The percentage of the rooting of cuttings was estimated based on a number of cuttings with vital shoots. After the first growing season, the survival rate of rooted cuttings 1/1 was estimated, and those cuttings were coppiced in early spring 2019. The survival rate of rooted cuttings 1/2 was estimated after the second growing season.

Morphological features of white poplar clones in the nursery trial

The height and diameter at 10th cm from the shoot base of rooted cuttings of all four clones were measured in autumn 2018 (rooted cuttings 1/1) and in autumn 2019 (rooted cuttings 1/2). The obtained data were used for calculating the basic



Figure 3. Rooted cutting of white poplar clone L-12 in the nursery trial

parameters of descriptive statistics (minimal and maximal value, mean value, standard deviation, coefficient of variation) in Statgraphics Centurion XVI.II software (StatPoint Technologies, Inc. www.statgraphics.com). One-Way Analysis of Variance (ANOVA) was used for assessing variability among the four studied clones, and the LSD test was used for inferring the number of homogeneous groups.

RESULTS

Rooting of cuttings and survival of rooted cuttings 1/1 and 1/2

The emergence of shoots was recorded in spring 2018 and it was used for assessing the percentage of rooting of cuttings of all four white poplar clones (Table 1, Figure 3). The overall rooting of cuttings of all four clones was 61.33%. The rooting of cuttings of individual clones was above 50.00% and varied between clones. The highest percentage of rooting of cuttings was recorded for clone L-12 (74.33%), and the lowest in L-100 (54.00%).

The survival success of rooted cuttings in the nursery trial was estimated as a percentage of cuttings that gave vital rooted cuttings after the first growing season (rooted cuttings 1/1) and also after the second growing season (rooted cuttings 1/2) (Table 1). The overall survival of rooted cuttings 1/1 of all four clones was 32.50%, and it slightly decreased for rooted cuttings 1/2 (29.16%). The highest survival of both types of

Table 1. Rooting of cuttings and survival success of type 1/1 and 1/2 rooted cuttings of the four white poplar clones

No.	Clone ID	No. of cuttings	Rooting of cuttings		Survival of type 1/1 rooted cuttings		Survival of type 1/2 rooted cuttings	
			No.	Percent	No.	Percent	No.	Percent
1	L-12	300	223	74.33%	175	58.33%	169	56.33%
2	L-80	300	180	60.00%	79	26.33%	70	23.33%
3	L-100	300	162	54.00%	60	20.00%	47	15.66%
4	58/57	300	171	57.00%	76	25.33%	64	21.33%
Total		1200	736	61.33%	390	32.50%	350	29.16%

cuttings was observed for clone L-12 (58.33% and 56.33%, respectively), while it was below 50.00% for both types of cuttings for other clones. The lowest survival of both types of cuttings was recorded for clone L-100 (20.00% for rooted cuttings 1/1 and 15.66% for rooted cuttings 1/2). Type 1/2 rooted cuttings of the white poplar clones in the nursery trial are shown in Figure 4.

**Figure 4.** Type 1/2 rooted cuttings of the white poplar clones in the nursery trial

Morphological variability of type 1/1 rooted cuttings

The height of 1/1 rooted cuttings was measured in spring 2019 (Table 2). The highest mean height was observed for white poplar clone 58/57 (145.84 ± 35.93 cm) and it was slightly lower for clone L-12 (144.06 ± 37.90 cm). These clones were also characterized by the maximal height observed for individual rooted cuttings (above 200.00 cm). However, while the minimal height for individual rooted cuttings of clone L-12 was similar to those observed for clones L-80 and L-100 (39.00 cm to 50.00 cm), the minimal height of individual rooted cuttings of clone 58/57 was doubled (82.00 cm). The mean height of clones L-80 and L-100 was below 100.00 cm (83.03 ± 23.67 cm, and 94.48 ± 28.24 cm, respectively).

One-Way ANOVA analysis revealed that the differences in the height of 1/1 rooted cuttings were statistically significant ($p < 0.05$, Table 2). This was confirmed by the LSD test (Table 3), which revealed three homogeneous groups. The first group comprises L-12 and 58/57, while clones L-80 and L-100 were in separate groups (Table 3).

The diameter at 10th cm from the shoot base of rooted 1/1 cuttings was measured in spring 2019 (Table 4). The highest mean diameter was recorded for clone 58/57 (9.94 ± 2.71 cm) and it was above 9 cm for clone L-12 as well (9.08 ± 2.82 cm). The highest maximal diameter and the lowest minimal diameter were observed for clone L-12 (19.18 cm, and 3.70 cm). Clone 58/57 was characterized by a moderate maximal value of the diameter at 10th cm from the shoot base (15.30 cm), and the highest minimal value (4.59 cm).

Table 2. Basic parameters of descriptive statistics and ANOVA for the height of rooted 1/1 cuttings

No.	Clone ID	No. of plants	Min. (cm)	Max. (cm)	Mean (cm)	SD (cm)	CV (%)
1	L-12	175	40.00	228.00	144.06	37.90	26.31%
2	L-80	79	39.00	140.00	83.03	23.67	28.51%
3	L-100	60	50.00	175.00	94.48	28.24	29.89%
4	58/57	76	82.00	225.00	145.84	35.93	24.64%
ANOVA		<i>Mean square</i>		<i>F-value</i>		<i>P-value</i>	
		97179.8		85.73		0.0000	

Table 3. Outcomes of the LSD test for the height of rooted 1/1 cuttings of the four white poplar clones (a, b and c denote homogeneous groups)

No.	Clone ID	Mean height (cm)
1	L-80	83.03 ^c
3	L-100	94.48 ^b
2	L-12	144.06 ^a
4	58/57	145.84 ^a

Table 5. Outcomes of the LSD test for the diameter at 10th cm from the shoot of rooted 1/1 cuttings of the four white poplar clones (a, b and c denote homogeneous groups)

No.	Clone ID	Mean diameter at 10 th cm from shoot base (cm)
3	L-100	6.77 ^c
1	L-80	6.89 ^c
2	L-12	9.08 ^b
4	58/57	9.94 ^a

Table 4. Basic parameters of descriptive statistics and ANOVA for the diameter at 10th cm from the shoot base of rooted 1/1 cuttings

No.	Clone ID	No. of plants	Min. (cm)	Max. (cm)	Mean (cm)	SD (cm)	CV (%)
1	L-12	175	3.70	19.18	9.08	2.82	31.04%
2	L-80	79	3.77	12.52	6.89	2.25	32.66%
3	L-100	60	4.26	11.22	6.77	1.53	22.62%
4	58/57	76	4.59	15.30	9.94	2.71	27.26%
ANOVA		<i>Mean square</i>		<i>F-value</i>		<i>P-value</i>	
		198.573		31.10		0.0000	

One-Way ANOVA analysis revealed that the differences in the diameter at 10th cm from the shoot base of rooted 1/1 cuttings were statistically significant ($p < 0.05$, Table 4). This was confirmed by the LSD test (Table 5) which revealed three homogeneous groups, one comprising 58/57, second comprising L-12, and the third comprising L-80 and L-100.

Morphological variability of rooted 1/2 cuttings

The height of rooted 1/2 cuttings of four white poplar clones was measured in autumn 2019 (Table 6). The highest mean height was observed for white poplar clone 58/57 (245.27 ± 49.32 cm) and it was slightly lower for clone L-12 (210.56 ± 62.25 cm). These clones were also characterized by the maximal height observed for individual rooted cuttings (above 300.00 cm). However, the minimal height of individual rooted cuttings of clone L-12 was almost 40.00 cm lower than that recorded for clone 58/57 (82.00 cm, and 120.00 cm,

Table 6. Basic parameters of descriptive statistics and ANOVA for the height of rooted 1/2 cuttings

No.	Clone ID	No. of plants	Min. (cm)	Max. (cm)	Mean (cm)	SD (cm)	CV (%)
1	L-12	157	82.00	340.00	210.56	62.25	29.56%
2	L-80	70	53.00	223.00	124.06	39.46	31.81%
3	L-100	42	100.00	270.00	182.57	38.97	21.35%
4	58/57	60	120.00	339.00	245.27	49.32	20.11%
ANOVA		<i>Mean square</i>		<i>F-value</i>		<i>P-value</i>	
		182802.0		64.74		0.0000	

respectively). The lowest mean height was recorded for clone L-80 (124.06 ± 39.46 cm), and this value was half of that recorded for 58/57.

The difference in the mean height of rooted 1/1 and 1/2 cuttings of the four white poplar clones was more pronounced for clones L-12, L-100 and 58/57 than for clone L-80 (Graph 1).

One-Way ANOVA analysis revealed that the differences in the height of rooted 1/2 cuttings were statistically significant ($p < 0.05$, Table 6). This was confirmed by the LSD test (Table 7), which revealed that each clone was in a separate homogeneous group.

The diameter at 10th cm from the shoot base of rooted 1/2 cuttings was measured in autumn 2019 (Table 8). The highest mean diameter was

recorded for clone 58/57 (24.70 ± 5.72 cm) and it was above 20 cm for clones L-12 and L-100 as well (21.65 ± 8.26 cm and 20.01 ± 5.47 cm, respectively). The mean diameter at 10th cm from shoot base for clone L-80 was almost three times lower (8.89 ± 2.96 cm), and the same trend was observed for this clone for the maximal and minimal diameter at 10th cm from the shoot base (16.27 cm and 4.43 cm). The highest maximal diameter was observed for clone L-12 (55.26 cm), which was also high for clone 58/57 (39.26 cm). Clone 58/57 was also characterized by the highest minimal diameter (12.16 cm) which was half its value for clone L-12 (6.87 cm).

The difference in mean diameters at 10th cm from the shoot base of rooted 1/1 and 1/2

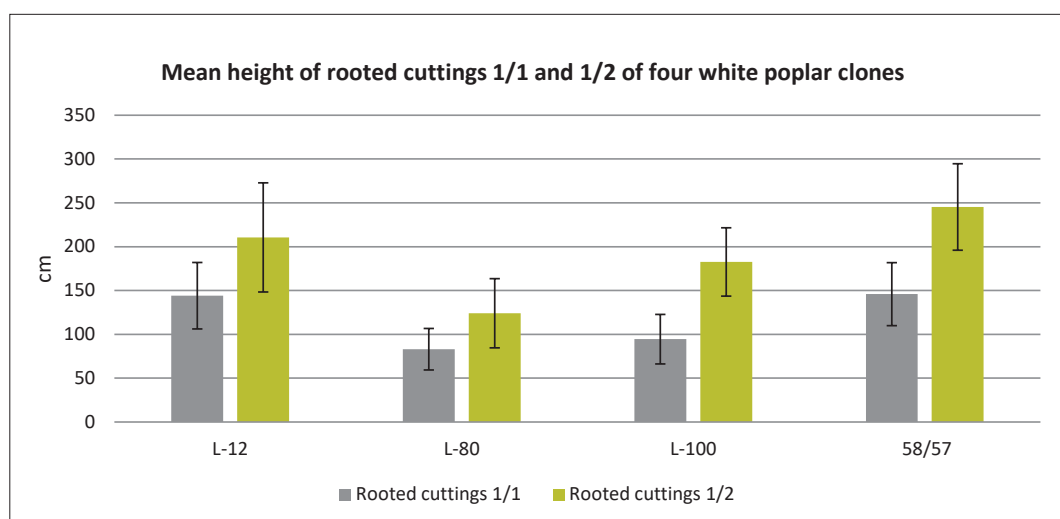
**Graph 1.** Mean and standard deviation of heights of rooted 1/1 and 1/2 cuttings of four white poplar clones

Table 7. Outcomes of the LSD test for the height of rooted 1/2 cuttings of the four white poplar clones (a, b, c, and d denote homogeneous groups)

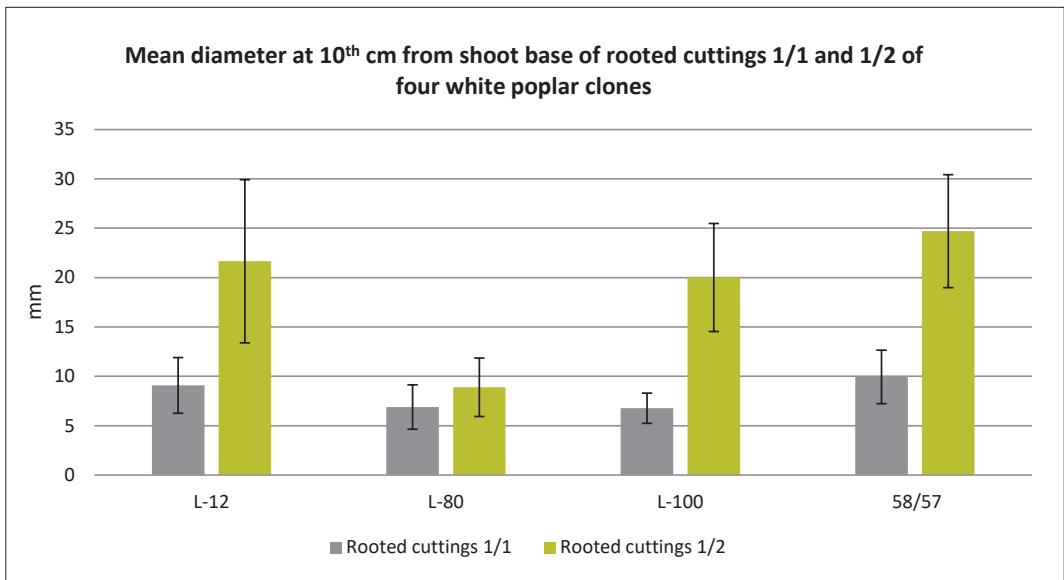
No.	Clone ID	Mean height (cm)
1	L-80	124.06 ^d
3	L-100	182.57 ^c
2	L-12	210.56 ^b
4	58/57	245.27 ^a

cuttings was more pronounced for clones L-12, L-100, and 58/57, while an increase in the diameter of clone L-80 during the second vegetation season was negligible (Graph 2).

A One-Way ANOVA analysis revealed that the differences in the diameter at 10th cm from the shoot base of rooted 1/2 cuttings were statistically significant ($p < 0.05$, Table 8). This was confirmed by the LSD test (Table 9), which revealed three homogeneous groups. One homogeneous group comprises L-12 and L-100, while clones L-80 and 58/57 were in separate groups (Table 9).

Table 8. Basic parameters of descriptive statistics and ANOVA for the diameter at 10th cm from the shoot base of rooted 1/2 cuttings

No.	Clone ID	No. of plants	Min. (cm)	Max. (cm)	Mean (cm)	SD (cm)	CV (%)
1	L-12	157	6.87	55.26	21.65	8.26	38.15%
2	L-80	70	4.43	16.27	8.89	2.96	33.26%
3	L-100	42	9.52	31.71	20.01	5.47	27.34%
4	L-58/57	60	12.16	39.26	24.70	5.72	23.16%
ANOVA		<i>Mean square</i>		<i>F-value</i>		<i>P-value</i>	
		3409.12		76.93		0.0000	



Graph 2. The mean and standard deviation of diameter at 10th cm from the shoot base of rooted 1/1 and 1/2 cuttings of four white poplar clones

Table 9. Outcomes of the LSD test for the diameter at 10th cm from the shoot base of rooted 1/2 cuttings of the four white poplar clones (a, b and c denote homogeneous groups)

No.	Clone ID	Mean diameter at 10 th cm from shoot base (cm)
1	L-80	8.89 ^c
3	L-100	20.01 ^b
2	L-12	21.65 ^b
4	58/57	24.70 ^a

DISCUSSION

Although with a broad areal, white poplar is today regarded as a rare and threatened tree species (Kovačević *et al.*, 2010). Nonetheless, it has been suggested that this species has a rather rich gene pool in the sand dune region in the middle of the Pannonian plain and on the bottomland of big rivers (Szodfridt and Palotás, 1973). Such a gene pool represents an irreplaceable reservoir for the selection of clones that may be improved later on in various breeding programs and used for the establishment of plantations and for other purposes such as protective stands in riparian zones, shelterbelts for wind protection, etc. (Guzina, 1986; Vuksanović, 2019). It is worth mentioning that the main trend in the selection work of Leucepoplar clones and cultivars is identification and improvement of those that are tolerant to drought and other abiotic stresses, with a good stem form that will provide good-quality wood material for industrial purposes (i.e. without false heartwood) and that can adapt to the changed ecological conditions (Rédei, 1994; Vuksanović, 2019). This is associated with the global climate warming (IPCC, 2014) and the lowering of the ground water level (Rédei *et al.*, 2010) that are essential for the survival and growth of white poplars in their natural habitats.

One of the white poplar clones most commonly grown in Serbia and worldwide is the Italian clone Villafranca (58/57). This clone, which is the only one registered white poplar clone in Serbia, was used in our study as the reference for the comparisons of the survival success of cuttings and morphological variability of rooted cuttings of white poplar clones L-12, L-80, and L-100. These clones

were selected in Serbia at the Institute of Lowland Forestry and Environment, Novi Sad and have not been registered yet, i.e., they are still in the experimental phase. We found that 54.00% to 60.00% of cuttings of Villafranca, L-80, and L-100 were successfully rooted and that the cuttings of clone L-12 were best rooted (74.33%). Furthermore, L-12 outperformed other clones with respect to the survival of rooted cuttings during the first vegetation season (rooted 1/1 cuttings, survival 58.33%) and the second vegetation season (rooted 1/2 cuttings, survival 56.33%). These values are more than twice as high as the values obtained for the survival of both types of rooted cuttings of Villafranca, suggesting that the overall survival success of the autochthonous clone L-12 outperformed that of the Italian clone Villafranca. Similar survival of the 1/1 rooted cuttings of L-12 (54.71%) was also observed by Kovačević *et al.* (2014). Since it has been shown that the time of preparation of cuttings, storage and planting may affect the rooting of two Euramerican poplar clones (Kovačević *et al.*, 2006; Kovačević, Igić, 2018), it is possible that the rooting and survival success of rooted cuttings may be improved by an earlier preparation of cuttings and planting than that applied in our study, if environmental conditions are favourable.

The rooted cuttings of L-12 and Villafranca had a similar mean height during the first vegetation season (144.06±37.90 cm and 145.84±35.93 cm, respectively, Table 2) and were assigned to the same homogeneous group in the LSD tests (Table 3). However, Villafranca outperformed L-12 with respect to height during the second growth season (245.27±49.32 cm, and 210.56±62.25 cm, respectively), and these clones were assigned to separate homogeneous groups in the LSD test (Table 6, Graph 1). Mean heights of the rooted cuttings of both clones are slightly lower than those reported for various 3-year-old white poplar clones from Hungary (2.5 m to 3.7 m, Rédei, 2000). However, the mean height of L-12 1/1 rooted cuttings reported by Kovačević *et al.* (2014) was 201.44 cm, suggesting considerable differences between nurseries, probably due to soil characteristics and applied technology. Therefore, under the conditions in the nursery trial used in our study, quality planting material of L-12 and Villafranca (i.e., height ≥180.00 cm), can be obtained in two years, with coppicing

after the first year. It is worth mentioning that the mean height of another experimental clone, L-100, was above 180.00 cm after the second growing season as well (Table 6). This clone is the only one out of four clones used in our study whose height was doubled after coppicing (94.48±28.24 cm, and 182.57±38.97 cm). Therefore, coppicing after the first growing season may be a technique that is particularly suitable for this clone. On the other hand, the mean height of rooted L-80 cuttings was below 100.00 cm after the first growing year, and below 130.00 cm after the second one, suggesting that the production of quality rooted cuttings of this clone requires further optimization. These findings further support the view that the clonal production of quality reproductive material may require optimization and adjustments to the specificities of individual clones.

A similar trend was observed for the mean diameter at 10th cm from the shoot base of 1/1 (Table 4) and 1/2 (Table 8) rooted cuttings of the studied clones. The diameter of rooted cuttings 1/1 of Villafranca and L-12 were both >9 cm, but, the LSD test revealed that they belong to different homogeneous groups (Table 5). In case of rooted cuttings 1/2, three clones had the mean diameter at 10th cm from the shoot base >20 cm (Villafranca, L-12, and L-100), and they formed two homogeneous groups (first group: L-12 and L-100, second group: Villafranca, Table 9). Therefore, similarly as in the case of the mean height, it appears that coppicing has the best positive effect on the increase in diameter at 10th cm from the shoot base in clone L-100, which almost reaches the diameter of clone L-12 during the second growing season (Table 9, Graph 2). On the other hand, while the height of rooted cuttings of L-12 was almost identical to that of Villafranca during the first growing season, the 1/1 rooted cuttings of Villafranca outperformed L-12 with respect to the diameter. Furthermore, the 1/2 rooted cuttings of Villafranca had a higher diameter than both L-12 and L-100, suggesting that regarding the diameter at 10th cm from the shoot base of rooted cuttings, this clone is better than autochthonous clones. Finally, an increase in diameter of clone L-80 in the second year was only 2 cm, further supporting the view that the production of quality rooted cuttings of this clone requires further optimization.

CONCLUSION

We carried out a two-year nursery trial using autochthonous non-registered clones L-12, L-80 and L-100 and Villafranca as a reference clone and demonstrated that L-12 showed higher values compared to the other clones with respect to the rooting of cuttings and the survival of rooted cuttings during both vegetation seasons. Regarding the height of the rooted 1/1 cuttings, L-12 is almost identical to Villafranca, while the rooted 1/2 cuttings of L-12 has a slightly lower height in comparison to Villafranca. Regarding the diameter at 10th cm from the shoot base of the rooted cuttings, both L-12 and Villafranca performed well during the first and second growing seasons, but the difference in their diameter was significant during both years. Coppicing appears to have an exceptionally positive effect on the increase in both height and diameter in L-100, indicating that this technique is particularly suitable for this clone. However, the production of quality rooted cuttings of L-80 requires further optimization since the height and the diameter of rooted 1/2 cuttings of this clone were below 130.00 cm and below 9 cm, respectively.

The conducted research is a contribution to the investigation of morphological characteristics of the analyzed clones in nursery conditions, as a basis for their further use. This research will continue in the field trial, which was established at the Great War Island area in autumn 2019.

Acknowledgements: This research was funded by the project „Production of breded white poplar reproductive material at the Great War Island” (PUC „Zelenilo-Beograd”) and the project „Establishment of forest plantations to increase the afforested areas in Serbia” (TR 31041), the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

- Guzina, V. (1986): Topole i vrbe u Jugoslaviji. Institut za topolarstvo, Novi Sad (1-115)
- IPCC (2014): Summary for policymakers. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ et al (eds) Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. New York (1-32)
- Katanić, M., Pilipović, A., Kovačević, B., Pekeč, S., Novčić, Z. (2014): Uticaj genotipa i sredine na kolonizaciju korena topola mikoriznim i endofitskim gljivama. *Topola* 193/194 (97-107)
- Katanić, M., Kovačević, B., Đorđević, B., Kebert, M., Pilipović, A., Klašnja, B., Pekeč, S. (2015): Nickel Phytoremediation Potential of White Poplar Clones Grown in Vitro. *Romanian Biotechnological Letters*, 20(1) (10085-10096)
- Kovačević, B., Miladinović, D., Katanić, M., Tomović, Z., Pekeč, S. (2013): The effect of low initial pH on in vitro white poplar growth. *Bulletin of the Faculty of Forestry*, 108 (67-80)
- Kovačević, B., Rončević, S., Andrašev, S., Pekeč, S. (2006): *Effects of date of preparation, date of planting and storage type of cutting rooting in Euramerican poplar*. International conference: The challenge of the 21st Century, 8-10th November, 2006, Donji Milanovac, Serbia, Proceedings (42-46)
- Kovačević, B., Orlović, S., Pekeč, S., Katanić, M., Stojnić, S. (2010): The effect of genotype and date of preparation on rooting of white poplar cuttings. Congress topics and papers of First Serbian forestry congress „Future with forests” 11-13 November 2010 Belgrade, Serbia (306-311)
- Kovačević B., Orlović S., Pap P., Katanić M., Dabić S. (2014): Efekat primene praškastih formulacija sa kobalt hloridom i indolbuternom kiselinom na ožiljavanje drvenastih reznica bele topole. *Topola/Poplar*, No. 193/194 (117-127)
- Kovačević, B., Igić, D. (2018): Effect of early preparation and slope aspect on survival and growth of white poplar rooted cuttings. *Topola* 201/202 (117-126)
- Nonić, M. (2016): Unapređenje masovne proizvodnje lisno-dekorativnih kultivara bukve kalemljenjem. Doktorska disertacija u rukopisu, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet, Beograd (281)
- Orlović, S., Kovačević, B., Pilipović, A., Galić, Z. (2003): Selekcija i hibridizacija topola iz sekcije Leuce Duby. *Radovi Instituta za topolarstvo*, 28 (15-28)
- Rédei, K. (1994) Igéretes fehér nyár (*Populus alba*) származások fatermése a Duna-Tisza közeli homokháton / Yield of promising *Populus alba* proveniences on the Danube-Tisza region sands. *Erdészeti Kutatások*, 84 (81-90) (in Hungarian)
- Rédei, K. (2000): Early performance of promising white poplar (*Populus alba*) clones in sandy ridges between the rivers Danube and Tisza in Hungary. *Forestry*, 73(4) (407-413)
- Rédei, K., Keserű, Zs., Szulcsán, G. (2010): Early Evaluation of Promising White Poplar (*Populus alba* L.) Clones in Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 6 (9-16)
- Rončević, S., Andrašev, S., Ivanišević, P., Kovačević, B., Novčić, Z. (2012): Effect of variability of alluvial soil properties on growth of white poplars *Populus alba* L. cl. L-12. Proceedings of International Scientific Conference „Forest in future: Sustainable use, Risks and Challenges”, 4th-5th October 2012, Belgrade, Republic of Serbia (469-475)
- Szodfridt, I., Palotás, F. (1973): Hazai nyárák (Native poplars). In Danszky, I. (edit.): Erdőművelés II (Silviculture II). Mezőgazdasági Kiadó, Budapest (in Hungarian)
- Todorović, N. (2016): Uticaj čepovanja i prihranjivanja na razvoj plantaža topole i vrbe za proizvodnju biomase na deposolima PD RB „Kolubara” doo - Lazarevac. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu-Šumarski fakultet
- Vuksanović, V. (2019): Tolerantnost selekcija bele topole prema abiotičkim činiocima u usloviima *in vitro*. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu - Poljoprivredni fakultet (143)
- Vuksanović, V., Kovačević, B., Kebert, M., Katanić, M., Pavlović, L., Kesić, L., Orlović, S. (2019a): Clone specificity of white poplar (*Populus alba* L.) acidity tolerance in vitro. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (11) (8307-8313)

- Vuksanović, V., Kovačević, B., Orlović, S., Kebert, M., Kovač, M. (2019b): The Influence of Drought on Growth and Development of White Poplar Shoots In Vitro. *Topola* 203 (13-18)
- (2004): Zakon o reproduktivnom materijalu šumskog drveća, Službeni glasnik RS, br. 135/2004, 8/2005, 41/2009
- Zhao, X., Li, Y., Zhao, L., Wu, P., Zhang, Z. (2013): Analysis and evaluation of growth and adaptive performance of white poplar hybrid clones in different sites. *Journal of Beijing Forestry University*, 35(6) (7-14)

