

UDK: 630*165+630*232:582.681.81(497.11-751 Veliko ratno ostrvo)

Оригинални научни рад

<https://doi.org/10.2298/GSF2124059N>

ВАРИЈАБИЛНОСТ ПРЕЖИВЉАВАЊА И РАСТА САДНИЦА РАЗЛИЧИТИХ КЛОНОВА ЦРНЕ ТОПОЛЕ (*Populus nigra* L.) У ПЛАВНИМ УСЛОВИМА ВЕЛИКОГ РАТНОГ ОСТРВА

Др Марина Нонић, доцент, Универзитет у Београду – Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1,
11030 Београд, Србија (marina.nonic@sfb.bg.ac.rs)

дипл. инж. Филип Максимовић, студент мастер студија, Универзитет у Београду – Шумарски факултет,
Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд, Србија

Др Јована Деветаковић, доцент, Универзитет у Београду – Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1,
11030 Београд, Србија

МсС Ивона Керкез Јанковић, истраживач сарадник, Универзитет у Београду – Шумарски факултет,
Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд, Србија

Проф. др Мирјана Шијачић-Николић, Универзитет у Београду – Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1,
11030 Београд, Србија

Извод: Црна топола (*Populus nigra* L.) припада угроженим врстама Србије које расту на влажним стаништима. Ово истраживање је спроведено на Великом ратном острву, које се налази на ушћу реке Саве у Дунав, на територији града Београда. Циљ овог истраживања био је да се утврди проценат преживљавања и динамика раста садница различитих клонова црне тополе у првој години након садње у плавним условима Великог ратног острва. Евидентирање преживелих садница и мерења висина и пречника обављени су 2019. године, први пут у пролеће (18. априла 2019.), други пут у току лета (18. јула 2019.), након периода поплава, а трећи пут у јесен (4. октобра 2019.), на крају вегетационог периода. У раду су приказани резултати дескриптивне статистике, једнофакторијалне анализе варијансе (*One-Way ANOVA*) и кластер анализе. На основу резултата истраживања, највећи проценат преживљавања након периода плављења забележен је код клона број 9 (85,70%), код кога је и на крају вегетационог периода преживело 78,60% садница. Може се констатовати да саднице црне тополе клона број 9, на основу високог процента преживљавања, имају потенцијал да буду коришћене за пошумљавање плавних подручја, какво је Велико ратно острво. Међутим, саднице овог клона су показале знатно мање вредности измерених висина и пречника, у односу на саднице већине клонова и углавном су биле оштећене. Са друге стране, саднице клона 3 су биле супериорније на основу средњих вредности висина и пречника, добијених након мерења у сва три периода, укључујући и период после плављења. Саднице овог клона имале су задовољавајући проценат преживљавања, али се он константно смањивао. Клон број 1 се издвојио према најслабијим резултатима, како у погледу преживљавања на крају вегетационог периода, тако и у погледу средњих вредности висина и пречника садница. Приликом коришћења ове врсте, посебну пажњу потребно је посветити очувању генофонда и избегавању оснивања комерцијалних моноклонских засада, посебно у заштићеним подручјима, као што је предео изузетних одлика „Велико ратно острво“.

Кључне речи: *Populus nigra* L., Велико ратно острво, варијабилност, преживљавање садница

УВОД

Влажна подручја, као што су и плавни делови предела изузетних одлика „Велико ратно острво”, су, поред свог великог значаја за очување биолошке разноврсности, врло угрожена низом абиотичких и биотичких фактора. Биотички и абиотички фактори узроковали су велике промене у различитим природним екосистемима, што је довело до нестајања или смањења бројности одређених врста дрвећа и жбуња, а њихова станишта су уништена или сведена на изузетно мале површине (Nonić, Šijačić-Nikolić, 2021). Један од глобалних проблема који доводи до угрожености биљних врста представљају климатске промене.

Модел климатских промена предвиђају пораст учесталости поплава, које ће значајно утицати на животну средину биљака, а специфични услови поплава могу утицати на опстанак биљних врста у оквиру екосистема (Pucciarrello *et al.*, 2014). Повремено или учестало плављење земљишта слатком или сланом водом дешава се као резултат плављења река, олуја, прекомерног наводњавања, неадекватне дренаже и заустављања тока река подизањем брана (Wainwright, 1980, Kozłowski, 1982, 1984a, 1984b, 1985, 1997; Kozłowski, Pallardy, 1997). Поплаве током вегетационог периода негативно утичу на све фазе развоја биљака које нису вегетативно на стајаћу воду, док поплаве ван вегетационог периода обично имају мали и краткорочни ефекат (Kozłowski, 1982, 1984b, 1997; Kozłowski, Pallardy, 1997). Отпорност биљака на поплаву доста зависи од биљне врсте и њеног генотипа, као и од старости саме биљке, времена и трајања поплаве, стања плавне воде, а такође и од карактеристика поплављеног места (Kozłowski, 1982, 1984a, 1984b, 1985, 1997; Kozłowski, Pallardy, 1997).

Смањење негативног утицаја климатских промена на биљни свет биће могуће ако угрожене врсте буду имале способност да се прилагоде новим условима средине (Orlović *et al.*, 2014; Maksimović, 2015). Степен угрожености генофонда сваке врсте појединачно, у оквиру једне истраживане популације може се проценити на основу заступљености врсте у популацији; степена природног подмлађивања

врсте; присуства оштећења и болести на индивидуама; обилности уroda на индивидуалном и популационом нивоу и генетичке варијабилности (Nonić, Šijačić-Nikolić, 2021). Унутар- и међуврсна генетичка варијабилност има бројне фундаменталне улоге, а једна од важнијих је да омогућава различитим врстама дрвећа да одговоре на негативне утицаје, укључујући оне које изазивају штеточине, болести и климатске промене (Šijačić-Nikolić, Milovanović, 2007; Mataruga *et al.*, 2013; Orlović *et al.*, 2014; Maksimović, 2015).

Како би се смањило негативан утицај поплава, које за резултат имају смањење биодиверзитета у шумским екосистемима, јавила се потреба за конзервацијом и усмереним коришћењем генофонда различитих шумских врста дрвећа на плавним стаништима. Ово се нарочито односи на ретке, реликтне, ендемичне и угрожене врсте шумског дрвећа, које се могу сврстати у приоритетне у процесу очувања шумског генофонда (Isajev, Šijačić-Nikolić, 2003; Milovanović, Šijačić-Nikolić, 2006, 2008). Узимајући у обзир важност влажних станишта и хидрофилних шума, као и опасности које прете популацији црне тополе, јавила се потреба за очувањем расположивог генофонда.

Једна од врста које су карактеристичне за влажна станишта приобаља је црна топола (*Populus nigra* L.), која представља угрожену (REFORGEN, 2003), односно, једну од најугроженијих (Vanden Broeck, 2003; Maksimović, 2015) аутохтоних шумских врста Европе. Наведена је и у Црвеној књизи угрожених врста, што додатно наглашава могућност нестанка црне тополе са природних станишта.

Иако је дистрибуција црне тополе широка (Европа, Северна Африка, западна, северна и централна Азија), она је на већини њеног ареала угрожена услед антропогеног утицаја (Baјс *et al.*, 2020), деградације станишта и недостатка генетске разноврсности (Vanden Broeck, 2003). У Србији је очувано свега неколико природних шума црне тополе (Orlović *et al.*, 2005). Површина коју црна топола заузима на природним стаништима у Србији се смањује током година због непрекидне и повећане сече шума, као и због честе замене брзорастућим клоновима тополе. Šijačić-Nikolić *et al.* (2014) истичу

да постоје три кључна фактора који угрожавају опстанак природних популација аутохтоних топола: нестанак влажних екосистема (проузрокован људским активностима), који представљају основна станишта ових врста; замена природних састојина аутохтоних врста топола плантажама брзорастућих клонова хибридних топола и интрогресија култивисаних клонова других врста топола.

Циљ овог рада био је да се утврди варијабилност преживљавања и динамике раста садница девет клонова црне тополе пореклом са Великог ратног острва, у првој години након садње на овом подручју. Такође, циљ је био да се истражи потенцијална отпорност клонова црне тополе у условима стагнирајуће воде у плавној зони Великог ратног острва.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Подручје истраживања

Спроведена истраживања обављена су на подручју Великог ратног острва (ВРО), које се налази на ушћу реке Саве у Дунав и обухвата површину од 211,38 ха. Подручје је од 2005. го-

дине проглашено за заштићено природно добро, у оквиру кога се издвајају три зоне са различитим режимима заштите. Предео изузетних одлика „Велико ратно острво“ припада осетљивим влажним стаништима (Maksimović, Šijačić-Nikolić, 2013; Maksimović *et al.*, 2014, 2016), са недовољним степеном шумовитости (Šijačić-Nikolić *et al.*, 2014).

Један од најважнијих фактора угрожавања Великог ратног острва је промена режима воде и велике неправилне промене водостаја, које изазивају промене у вегетацији (Antonijević, Kestman, 2021). Висок водостај, који се јавља периодично, може довести до деградације постојеће вегетације или насељавања нових врста (Jarić *et al.*, 2020), као што је, на пример, појава алохтоних биљних врста, којих на овом подручју, према последњим истраживањима има 34 (Jarić *et al.*, 2020). Током 2019. године, када су спроведена ова истраживања, период плављења на Великом ратном острву је трајао од 13. маја до 26. јуна. У овом периоду висина водостаја се кретала од 425 cm (13.05.) до 383 cm (28.06.), са највишом вредности 603 cm почетком јуна (08.06.). Стагнација воде на истраживаној површини је трајала 45 дана.



Слика 1. Прва пољска банка гена црне тополе на Великом ратном острву (2018. година)

Објекат истраживања

Популација црне тополе на Великом ратном острву јавља се у типу шуме беле и црне тополе (*Populetim albo-nigrae* Slav. 52) на мозаику различитих алувијалних земљишта и оне представљају последњи стадијум развоја плавних шума меких лишћара (Основа газдовања шумама за ГЈ „Велико ратно острво“ 2018-2027). Плавне шуме врба и топола су динамични екосистеми, за чији је развој неопходан променљив ниво воде, односно, режим плављења. У Европи је тренутно остао очуван веома мали број плавних шума, а око 90% природних плавних шума је потпуно нестало, док су у европској директиви о стаништима ове шуме окарактерисане као „приоритетна шумска станишта“, односно, најугроженији природни екосистеми (Antonijević, Kesman, 2021).

Значај генофонда црне тополе на Великом ратном острву огледа се у чињеници да је ова врста едификатор на том подручју. Њена првобитна популација је сведена на 907 стабала, а јавља се у мањим или већим групама дисконти-

нуираног карактера, без природног обнављања (Maksimović *et al.*, 2014a; Maksimović, 2015; Maksimović, Šijačić-Nikolić, 2016).

Континуирана истраживања генофонда црне тополе на Великом ратном острву резултирала су сукцесивним оснивањем пилот објеката, од којих је прва пољска банка гена основана 2015. године (Maksimović, 2015). Прва пољска банка гена црне тополе (слика 1) послужила је као извор репродуктивног материјала (резница) одабраних клонова пореклом са девет материнских стабала црне тополе селекционисаних на Великом ратном острву.

Сакупљање грана и формирање резница обављено је почетком марта 2017. године. Резнице су чуване у фрижидеру од момента формирања до оснивања клонског теста у расаднику Шумарског факултета, Универзитета у Београду. Саднице (слика 2 и 3) су у расадничком тесту гајене током два вегетациона периода.

Оснивање друге пољске банке гена црне тополе на Великом ратном острву (слика 4), извршено је у јесен 2018. године, садњом двогодишњих садница по дефинисаној шеми.



Слика 2. Клонски тест црне тополе у расаднику Шумарског факултета (лето 2018.)



Слика 3. Двогодишње саднице црне тополе у оквиру клонског теста пре садње на Великом ратном острву (јесен 2018.)



Слика 4. Друга пољска банка гена црне тополе на Великом ратном острву (јесен 2018. године)

Друга пољска банка гена црне тополе уједно представља и објекат спроведених истраживања представљених у овом раду. Саднице из друге банке гена су послужиле за тестирање преживљавања различитих клонова црне тополе у току године коју је карактерисао висок ниво плавне воде.

Процена варијабилности девет клонова црне тополе

Варијабилност девет клонова црне тополе утврђена је на основу процента преживљавања садница и мерења њихових висина и пречника. Процент преживљавања садница је утврђиван три пута: први пут у пролеће 2019. године (18. априла 2019), на почетку првог вегетационог периода после садње; други пут у току лета 2019. године (18. јула 2019.), након плавног периода, када су саднице 45 дана биле под стагнирајућом водом (слика 5), док је трећи пут одређен 4. октобра 2019. године. Процент преживљавања садница је добијен на основу броја посађених и броја преживелих садница у априлу, јулу и октобру 2019. године.

Мерење висина садница и пречника урађено је на свим садницама три пута, у исто време када је одређиван проценат преживљавања садница. Висина је мерена од нивоа земље до терминалног пупољка, уз помоћ мерне летве са тачношћу од 1 см. Пречник је мерен у нивоу земље употребом дигиталног нонијуса са тачношћу од 0,01 mm.

Статистичка обрада прикупљених података

Подаци прикупљени током ових истраживања обрађени су у софтверу *Statgraphics Centurion XVI Version 16.1.11*. У раду су приказани резултати дескриптивне статистике - минималне и максималне вредности, средња вредност, стандардна девијација, коефицијент варијације, односно стандардни статистички параметри, урађена је једнофакторијална анализа варијансе (*One-Way ANOVA*) и кластер анализа, коришћењем *Single Linkage, Euclidean distances*.



Слика 5. Саднице црне тополе у другој пољској банци гена током плавног периода (лето 2019. године)

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА СА ДИСКУСИЈОМ

Резултати истраживања су представљени за преживљавање садница, а затим и за висине и пречнике садница, у априлу, јулу и октобру 2019. године.

Преживљавање садница црне тополе у првој години након садње на ВРО

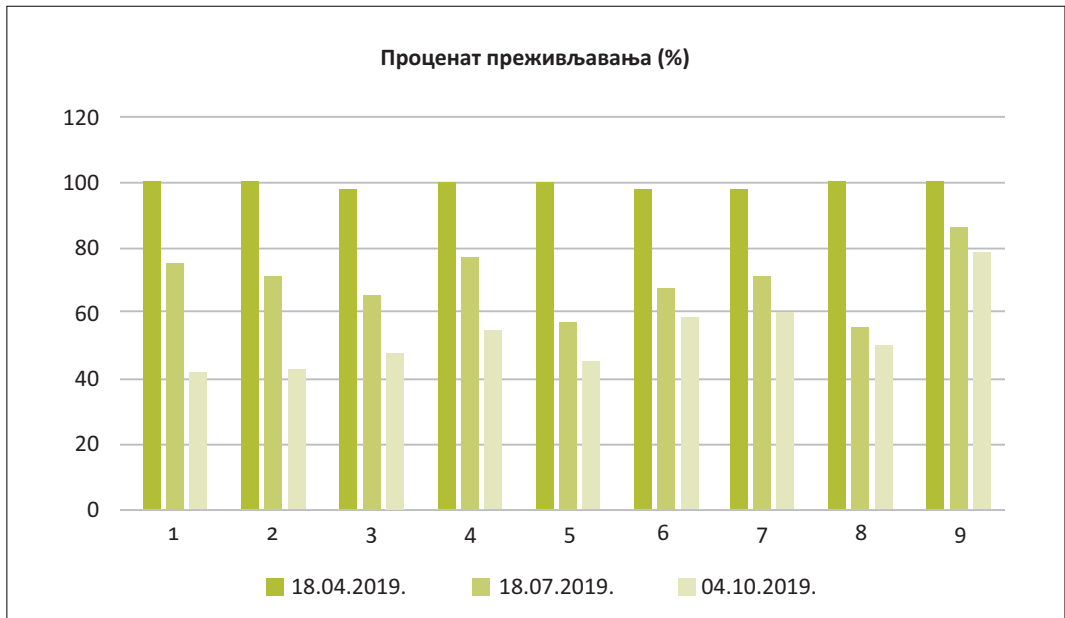
Процент преживљавања садница у првој години након садње на Великом ратном острву приказан је на графикону 1. Процент преживљавања у априлу 2019. године био је веома висок за свих девет клонова (97,70-100%). Након плавног периода и задржавања стагнирајуће воде у трајању од 45 дана, број преживелих садница је у јулу био мањи, али је код свих клонова забележено више од 50% преживелих, при чему је највећи проценат преживљавања забележен код клона број 9 (85,70%), а најмањи код клона 8 (55,00%).

Након последњег евидентирања, које је обављено на крају вегетационог периода (4.

октобар 2019.), сви клонови су имали проценат преживљавања већи од 40%, при чему је највећа вредност забележена код клона број 9 (78,60%), а најмања код клона број 1 (41,70%). Овакав резултат указује на потенцијал црне тополе да толерише присуство стагнирајуће воде до 60 дана, што је у складу са биоeколошким карактеристикама врсте (Негрка, 1963).

Варијабилност висина садница црне тополе у првој години након садње на ВРО

Резултати дескриптивне статистике за висине садница црне тополе у првој години након садње на ВРО, представљени су на нивоу клонова у табели 1. У априлу је клон број 3 имао највећу средњу вредност (207,11 cm), а најмању клон број 1 (125,83 cm). Након мерења у јулу, такође је највећу средњу вредност имао клон 3 (224,68 cm), а најмању клон 1 (150,56 cm). На крају вегетационог периода, у октобру, клон број 3 је имао највећу (234,53 cm), а клон број 5 најмању средњу вредност (162,79 cm).



Графикон 1. Преживљавање садница црне тополе у првој години након садње на ВРО

Табела 1. Резултати дескриптивне статистике за висине садница црне тополе (cm)

Клон	Број садница	Минимум	Максимум	Средња вредност	Стандардна девијација	Коеф. варијације
18.04.2019.						
1	12	74,00	172,00	125,83	34,53	27,44%
2	38	64,00	274,00	166,05	61,60	37,10%
3	42	69,00	307,00	207,11	52,64	25,42%
4	48	81,00	317,00	202,56	54,36	26,83%
5	42	35,00	267,00	150,31	56,95	37,89%
6	51	86,00	290,00	163,78	48,75	29,77%
7	38	90,00	242,50	179,92	41,60	23,12%
8	20	96,00	228,50	154,38	38,88	25,18%
9	14	112,30	240,50	150,26	37,30	24,82%
18.07.2019.						
1	9	103,00	202,00	150,56	33,00	21,92%
2	27	100,00	290,00	184,07	57,91	31,46%
3	28	140,00	320,00	224,68	49,78	22,16%
4	37	81,00	332,00	205,87	49,73	24,16%
5	24	80,00	235,00	168,04	41,53	24,72%
6	35	100,00	285,00	175,11	49,25	28,13%
7	37	90,00	300,00	189,22	45,36	23,97%
8	11	113,00	250,00	173,55	49,38	28,46%
9	12	114,40	285,00	162,50	52,62	32,38%
04.10.2019.						
1	5	138,00	202,00	168,80	138,00	15,62%
2	16	102,00	290,00	200,44	102,00	28,47%
3	19	100,00	328,00	234,53	100,00	22,51%
4	26	112,00	300,00	205,54	112,00	21,52%
5	19	72,00	235,00	162,79	72,00	29,58%
6	30	106,00	285,00	180,50	106,00	28,53%
7	23	80,00	300,00	200,48	80,00	24,90%
8	10	114,00	255,00	181,00	114,00	30,68%
9	11	98,00	265,00	169,73	98,00	29,31%

Резултати једнофакторијалне анализе варијансе за висине садница црне тополе, евидентиране приликом три мерења 2019. године, представљени су у табели 2. Статистички зна-

чајне разлике постоје између висина садница црне тополе, на основу сва три мерења, што се уочава из *P*-вредности, која је мања од 0,05.

Табела 2. Резултати једнофакторијалне анализе варијансе за висине садница црне тополе

Датум мерења	Између клонова		
	Средина квадрата	F-однос	P-вредности
18.04.2019.	20149,70	7,76	0,00
18.07.2019.	10998,70	4,61	0,00
04.10.2019.	8920,93	3,55	0,00

Варијабилност пречника садница црне тополе у првој години након садње на ВРО

Резултати дескриптивне статистике за пречник у нивоу земље садница црне тополе у првој години након садње на Великом ратном острву, представљени су у табели 3.

Приликом првог мерења, највиша средња вредност пречника добијена је код клона број 3 (20,75 mm), а најмања код клона број 1 (10,56 mm) (табела 3), који су издвојени и као клоно-

ви са највишом и најнижом средњом висином (табела 1).

Приликом другог мерења, након поплава, највиша средња вредност пречника је, такође, добијена код клона број 3 (22,74 mm), а најмања код клона број 1 (13,82 mm) (табела 3), који су издвојени и као клонови са највећом и намањом висином (табела 1). Највишу средњу вредност пречника на крају вегетационог периода имао је клон број 3 (24,31 mm), а најмању клон број 1 (14,97 mm). Наведени клон број 3

Табела 3. Резултати дескриптивне статистике за пречнике садница црне тополе (mm)

Клон	Број садница	Минимум	Максимум	Средња вредност	Стандардна девијација	Коеф. варијације
18.04.2019.						
1	12	6,99	13,85	10,56	2,45	23,24%
2	38	7,07	30,92	15,74	6,55	41,58%
3	42	10,49	37,00	20,75	6,55	31,58%
4	48	7,06	38,70	19,96	7,17	35,90%
5	42	6,26	26,92	15,56	5,60	36,01%
6	51	7,80	34,40	16,96	6,03	35,54%
7	38	7,00	28,00	16,92	4,89	28,90%
8	20	8,60	25,00	16,71	5,08	30,38%
9	14	9,90	23,80	14,55	4,36	29,96%
18.07.2019.						
1	9	10,30	19,00	13,82	2,43	17,56%
2	27	9,93	33,56	17,95	6,78	37,80%
3	28	10,23	37,94	22,74	7,16	31,50%
4	37	7,31	38,70	19,96	6,66	33,35%
5	24	6,38	25,73	16,55	4,84	29,24%
6	35	11,28	35,83	18,41	5,41	29,37%
7	37	7,00	27,70	17,87	4,80	26,85%
8	11	10,42	26,80	17,38	5,58	32,09%
9	12	10,15	26,16	16,47	5,22	31,67%
04.10.2019.						
1	5	11,08	19,60	14,97	3,18	21,22%
2	16	10,05	36,48	21,19	7,73	36,49%
3	19	14,59	37,20	24,31	6,71	27,59%
4	26	11,33	29,86	19,99	5,18	25,89%
5	19	10,00	25,73	18,32	4,85	26,45%
6	30	12,76	36,00	21,15	5,86	27,73%
7	23	14,78	30,32	21,72	4,73	21,78%
8	10	12,68	26,27	19,08	4,83	25,33%
9	11	11,60	27,19	19,05	5,22	27,42%

Табела 4. Резултати једнофакторијалне анализе варијансе за пречнике садница црне тополе

Датум мерења	Између клонова		
	Средина квадранта	F-однос	P-вредносћ
18.04.2019.	215,89	6,06	0,00
18.07.2019.	119,67	3,51	0,00
04.10.2019.	77,61	2,42	0,02

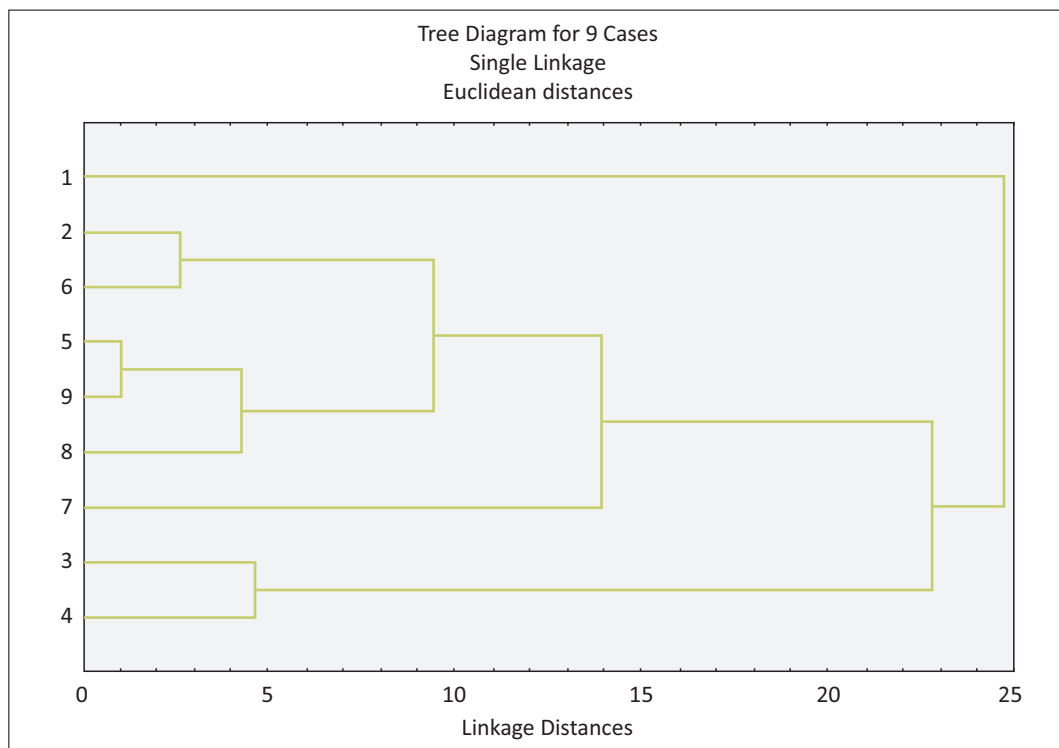
је издвојен и као клон чије саднице показују највеће вредности висина (табела 1).

Резултати једнофакторијалне анализе варијансе за пречник садница црне тополе представљени су у табели 4. Статистички значајне разлике постоје између пречника садница, на основу сва три мерења, што се уочава из P-вредности, која је мања од 0,05.

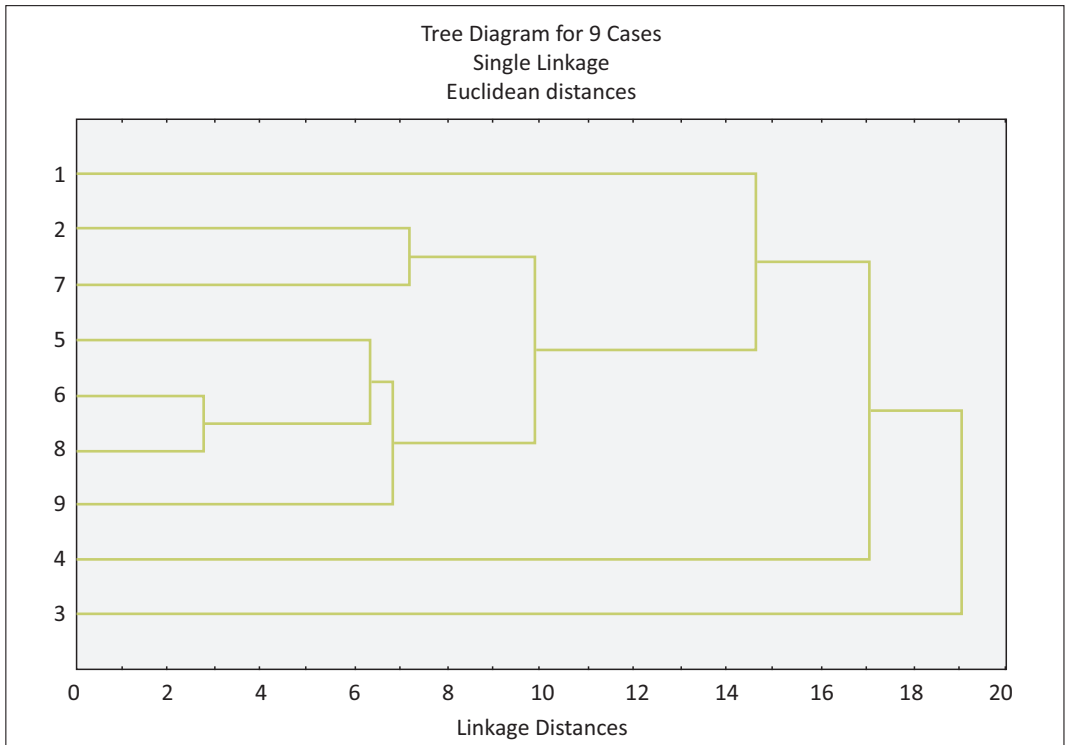
Дендрограм кластер анализе, урађен на основу средњих вредности које су добијене након мерења висина и пречника у пролеће 2019. године приказан је на графикону 2. Клонови број

5, 9 и 8 чине прву групу, којој се придружују клонови 2, 6 и 7, док клонови 3 и 4 чине другу групу (кластер). Клон број 1, који се издвојио на основу најмањих средњих вредности висина и пречника, повезан је са свим другим клоновима на највећој удаљености.

Дендрограм кластер анализе, урађен на основу средњих вредности добијених након мерења висина и пречника у лето 2019. године, после периода пролећних поплава, приказан је на графикону 3. Клонови 6 и 8 чине прву групу, заједно са клоновима 5 и 9. Другу групу чине



Графикон 2. Дендрограм кластер анализе урађен на основу висина и пречника садница различитих клонова црне тополе (пролеће 2019.)



Графикон 3. Дендрограм кластер анализе урађен на основу висина и пречника садница различитих клонова црне тополе (лето 2019.)

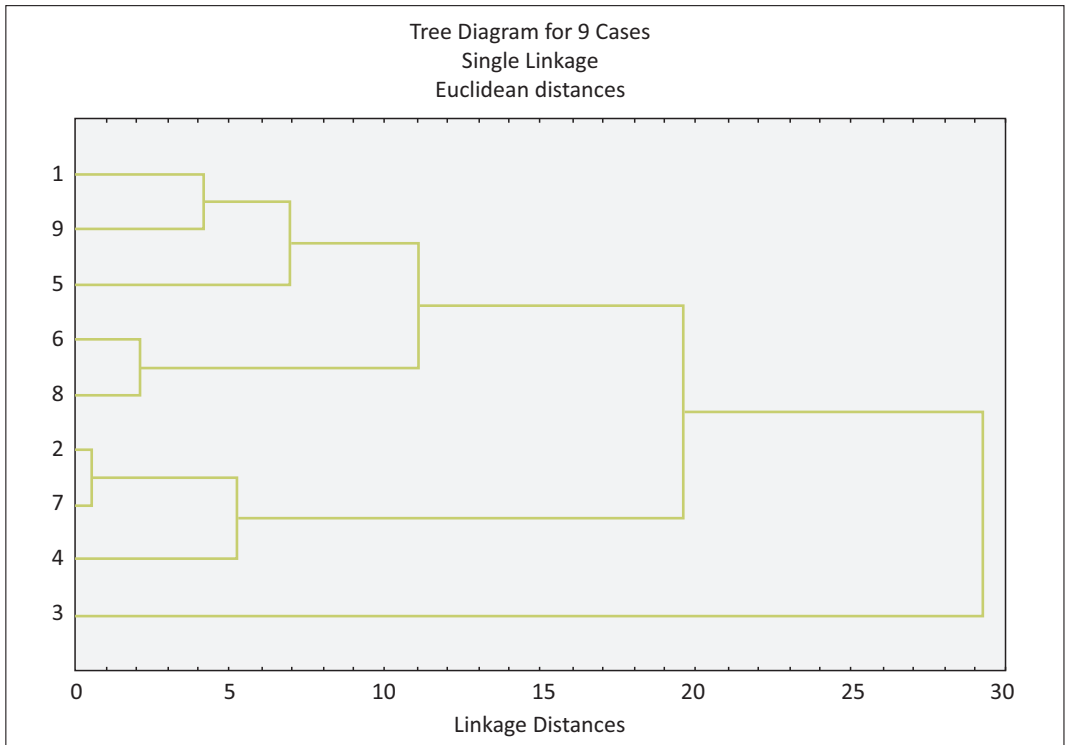
клонови 2 и 7. Клонови 1, 3 и 4 су повезани са свим осталим клоновима на највећој раздаљини, што је очекивано, с обзиром да су имали најмању и највећу средњу вредност за висине и пречнике садница, током мерења које је спроведено у пролеће и лето 2019. године.

Дендрограм кластер анализе урађен на основу средњих вредности добијених након мерења висина и пречника садница у јесен 2019. године, приказан је на графикону 4. Клонови 2 и 7, заједно са клоном 4 чине прву групу, док клонови 6 и 8, заједно са клоновима 1, 9 и 5 чине другу групу. Клон 3 је повезан са свим другим клоновима на највећој раздаљини, што је очекивано, с обзиром да је код њега евидентирана највећа средња вредност за висину и пречник на основу мерења спроведеног у јесен 2019. године.

Резултати спроведених истраживања, који се односе на преживљавање садница у првој години након садње на Великом ратном острву,

делимично су упоредиви са резултатима које је добио Maksimović (2015), јер се ради о истом локалитету и клоновима, али су у питању различити временски услови. Временске прилике током 2015. године, када су спроведена истраживања Максимовића, карактерисане су дугим сушним периодима у току вегетације, за разлику од 2019. године, када је било знатно више падавина, уз плављење и задржавање воде на подручју Великог ратног острва, које је трајало 45 дана током вегетационог периода.

На основу истраживања које је спровео Maksimović (2015), проценат преживљавања двогодишњих садница у првој банци гена на Великом ратном острву кретао се у опсегу од 72,0% до 96,0%. Иако је просечна вредност, на нивоу свих клонова, била већа у односу на резултате приказане у овом раду, највећи успех преживљавања констатован је код истог клона као што је био случај и у овим истраживањима, спроведеним у другој пољској банци гена.



Графикон 4. Дендрограм кластер анализе урађен на основу висина и пречника садница различитих клонова црне тополе (јесен 2019.)

Wintenberger *et al.* (2019) су 2014. године спровели истраживање у Француској (поред реке Лоаре, резерват природе *Saint-Mesmin*), у циљу процене стопе преживљавања садница црне тополе након поплава и периода слабог протицаја воде, између априла и октобра 2014. године. Током прве године, 92,3% садница није преживело због стреса повезаних са поплавама, при чему аутори наводе да је тако висока стопа смртности уобичајена за младе саднице на обали.

Siebel и Blom (1998) су експериментално испитивали толеранцију потпуног плављења садница у односу на старост садница и доба године код пет врста дрвећа. Саднице врста карактеристичних за нижа подручја, као што су *Alnus glutinosa* и *Populus nigra*, са годинама су више повећавале толеранцију на тотално плављење и имале већу толеранцију у другој или трећој години од врста са виших локалитета, нпр. *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur* и *Ulmus*

minor. Степен толеранције био је мањи лети него у пролеће.

Да би утврдили отпорност садница различитих врста дрвећа на поплаву и неке од основних адаптивних механизма, Siebel *et al.* (1998) су испитали морфолошки одговор, оштећења и преживљавање садница у односу на дубину плављења и доступност светлости. На основу експеримента, који су спровели са двогодишњим садницама црне тополе, добијених из семена, констатовали су да оне имају високу толеранцију делимичног потапања, али мали морфолошки одговор. Са друге стране, физиолошки одговори или метаболичка адаптација, као што су анаеробни метаболизам и мировање, више су допринели опстанку ових садница.

Подаци који су добијени овим истраживањем, показали су да је након плавног периода, који је трајао 45 дана, опстало више од 50% садница сваког клона. Према Козловском

(1997): „Уйицај њоїлаве на биљку њоком веїейационої њериода укључује ошїеїења, немоїуїносї клијања семена, веїейаїивни и реїродукїивни расїї, њромене у анаїїомији биљке и убрзано сїарење и одумирање. Реакција одреїене биљке варира и зависи од мноїо факїора укључујући биљну врсїу и їенонїїї їе врсїе, сїаросїї биљке, каракїе-рїсїїка їлавне воде, као и од времена и їрајања њоїлаве”.

ЗАКЉУЧЦИ

Европска црна топола је постала угрожена широком нестајањем приобалних шума у Европи, а интрогресија гена кроз хибридизацију са сродним, неаутохтоним таксонима тополе може додатно смањити величину популације и генетички диверзитет аутохтоне црне тополе (Debeljak *et al.*, 2015). *Populus nigra* L. се у Србији веома често замењује врстом *Populus x euramericana* Guinier и неким брзорастућим хибридима, који умањују генофонд и распрострањеност шума црне тополе на природним стаништима. Присуство црне тополе на Великом ратном острву би могло да буде од великог значаја за конзервацију осетљивих екосистема, као што су хидрофилне шуме.

У циљу очувања и усмереног коришћења црне тополе препоручује се употреба локалног генофонда у наменској производњи садног материјала ове врсте, посебно у заштићеним подручјима.

Према представљеним резултатима, највећи проценат преживљавања након периода плављења забележен је код клона број 9 (85,70%), код кога је и на крају вегетационог периода преживело 78,60% садница. Може се констатовати да саднице црне тополе клона број 9, на основу високог процента преживљавања, имају потенцијал да буду коришћене за пошумљавање плавних подручја, какво је Велико ратно острво. Међутим, саднице овог клона су показале знатно мање вредности измерених висина и пречника, у односу на саднице већине клонова и углавном су биле оштећене.

Са друге стране, саднице клона 3 су биле супериорније на основу средњих вредности висина и пречника, добијених након мерења у сва три периода, укључујући и период после плављења. Саднице овог клона имале су задовољавајући процнат преживљавања, али се он константно смањивао (од 97,70% преживелих садница у пролеће, вредност се смањила на 65,10%, након периода плављења, до 47,50% на крају вегетационог периода). Клон број 1 се издвојио према најслабијим резултатима, како у погледу преживљавања на крају вегетационог периода, тако и у погледу средњих вредности висина и пречника садница.

Добијени резултати потврђују значај црне тополе у плавним подручјима, с обзиром на способност толерисања дугог трајања стагнације воде (процент преживљавања након поплаве се кретао између 55% и 85,70% након другог мерења, а након трећег мерења проценат преживљавања за све клонове је био преко 40%). Започета истраживања треба континуирано наставити у циљу селекције супериорних клонова.

Напомена: Истраживања спроведена за потребе овог рада финансирана су средствима пројекта „Производња оїлемењеної реїродукїивної маїеријала црне њоїоле на Великом раїном осїрву”, чију је реализацију финансирало ЈКП „Зеленило-Београд” и средствима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, на основу уговора број 451-03-9/2021-14/200169. Део приказаних резултата је добијен на основу истраживања из завршног рада Филипа Максимовића, под насловом „Ген-еколошки њоїенцијал различїїїх клонова црне њоїоле (*Populus nigra* L.) у їрвој їодини након садње на Великом раїном осїрву”, одбрањеног на Универзитету у Београду – Шумарском факултету.

VARIABILITY OF SEEDLING SURVIVAL AND GROWTH OF DIFFERENT BLACK POPLAR (*POPULUS NIGRAL.*) CLONES IN THE FLOODPLAIN CONDITIONS OF THE GREAT WAR ISLAND

Marina Nonić, Ph.D., assistant professor, University of Belgrade - Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Serbia (marina.nonic@sfb.bg.ac.rs)

Filip Maksimović, BSc, student of master studies, University of Belgrade - Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Serbia

Jovana Devetaković, Ph.D., assistant professor, University of Belgrade - Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Serbia

Ivona Kerkez Janković, MSc, junior researcher, University of Belgrade - Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Serbia

Mirjana Šijačić-Nikolić, Ph.D., full professor, University of Belgrade - Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade, Serbia

Abstract: Black poplar (*Populus nigra* L.) belongs to endangered species of Serbia that grow in wetlands. This research was conducted on the Great War Island, which is located at the confluence of the Sava and Danube rivers, in Belgrade. This research aimed to determine the survival rate and growth dynamics of seedlings of different black poplar clones in the first year after planting in the flood conditions of the Great War Island. Recording of surviving seedlings and measurements of heights and diameters were performed in 2019, firstly in the spring (April 18, 2019), the second time during the summer (July 18, 2019), after the flooding period, and the third time in the autumn (October 4, 2019), at the end of the vegetation period. The results of descriptive statistics, one-way analysis of variance (One-Way ANOVA), and cluster analysis are presented in this paper. Based on the obtained results, the highest survival rate after the flooding period was recorded in clone number 9 (85.70%), in which 78.60% of seedlings survived at the end of the vegetation period. It can be stated that the seedlings of black poplar clone number 9, based on a high survival rate, have the potential to be used for afforestation of wetlands, such as the Great War Island. However, the seedlings of this clone showed significantly lower values of measured heights and diameters, compared to the seedlings of most clones and mostly the seedlings were damaged. On the other hand, seedlings of clone 3 were superior based on the mean values of heights and diameters, obtained after the measurements in all three periods, including the period after flooding. Seedlings of this clone had a satisfactory survival rate, but it was constantly declining. Clone number 1 showed the lowest results, both in terms of survival at the end of the vegetation period and in terms of mean heights and diameters of seedlings. When using this species, special attention should be paid to preserving the gene pool and avoiding the establishment of commercial monoclonal plantations, especially in protected areas such as the Landscape of Outstanding Features "Great War Island".

Keywords: *Populus nigra* L, Great War Island, variability, seedling survival

INTRODUCTION

Wetlands, such as the floodplains of the Landscape of Outstanding Features "Great War Island" (serb. "Veliko ratno ostrvo") are, in addition to their great importance for the conservation

of biological diversity, very endangered by different abiotic and biotic factors. Biotic and abiotic factors have caused great changes in various natural ecosystems, which led to the disappearance or reduction of the number of certain species of trees and shrubs, and their habitats were destroyed

or reduced to extremely small areas (Nonić, Šijačić-Nikolić, 2021). One of the global problems leading to the endangerment of plant species is climate change.

Climate change models predict an increase in the frequency of floods, which will significantly affect the environment in which plants are located, and specific flood conditions can affect the survival of plant species within ecosystems (Pucciarriello *et al.*, 2014). Occasional or frequent flooding of land with fresh or salt water occurs as a result of river flooding, storms, over-irrigation, inadequate drainage, and stopping river flow by raising dams (Wainwright, 1980, Kozłowski, 1982, 1984a, 1984b, 1985, 1997; Kozłowski, Pallardy, 1997). Floods during the growing season negatively affect all stages of plant development that are not tolerant to standing water, while floods outside the growing season usually have a small and short-term effect (Kozłowski, 1982, 1984b, 1997; Kozłowski, Pallardy, 1997). Flood resistance of plants depends a lot on the plant species and its genotype, as well as on the age of the plant itself, the time and duration of the flood, the state of floodwater, and also on the characteristics of the flooded place (Kozłowski, 1982, 1984a, 1984b, 1985, 1997; Kozłowski, Pallardy, 1997).

Reducing the negative impact of climate change on flora will be possible if endangered species can adapt to new environmental conditions (Orlović *et al.*, 2014; Maksimović, 2015). The degree of endangerment of the gene pool of each species individually, within one population, can be assessed based on the species presence in the population; degree of natural rejuvenation of the species; the presence of damage and disease in individuals; yield abundance at the individual and population level and genetic variability (Nonić, Šijačić-Nikolić, 2021). Inter- and intraspecific genetic variability, has some fundamental roles, and one of the most important is that it allows different tree species to respond to negative impacts, including those causing pests, diseases and climate change (Šijačić-Nikolić, Milovanović, 2007; Mataruga *et al.*, 2013; Orlović *et al.*, 2014; Maksimović, 2015).

To reduce the negative impact of floods, which result in reduced biodiversity in forest ecosystems, there is a need for conservation and sustainable

use of the gene pool of different forest tree species in floodplain habitats. This especially refers to rare, relict, endemic and endangered species of forest trees, which can be classified as priorities in the process of preserving the forest gene pool (Isajev, Šijačić-Nikolić, 2003; Milovanović, Šijačić-Nikolić, 2006, 2008). Taking into account the importance of wetlands and hydrophilic forests, as well as the factors that threaten the black poplar population, there was a need to conserve the available gene pool.

One of the species that is characteristic of wetland habitats is the black poplar (*Populus nigra* L.), an endangered (REFORGEN, 2003), or one of the most endangered (Vanden Broeck, 2003; Maksimović, 2015) native forest species in Europe. It is also listed in the Red Book of Endangered Species, which further emphasizes the possibility of the disappearance of black poplar from natural habitats.

Although the distribution of black poplar is wide (Europe, North Africa, West, North, and Central Asia), it is endangered in most of its range due to anthropogenic impact (Bajc *et al.*, 2020), habitat degradation and lack of genetic diversity (Vanden Broeck, 2003).

Only a few natural black poplar forests have been preserved in Serbia (Orlović *et al.*, 2005). The area occupied by black poplar in natural habitats in Serbia is decreasing over the years due to continuous and increased deforestation, as well as due to frequent replacement by fast-growing poplar clones.

Šijačić-Nikolić *et al.* (2014) point out three key factors that threaten the survival of natural populations of indigenous poplars: the disappearance of wet ecosystems, due to human activities, which are the basic habitats of these species; replacement of natural stands of autochthonous poplar species with plantations of fast-growing hybrid poplar clones and introgression of cultivated clones of other poplar species.

The aim of this research was to determine the variability of survival and growth dynamics of seedlings of nine black poplar clones originating from the Great War Island, in the first year after planting in this area. Also, the aim was to investigate the potential resistance of black poplar clones to the water stagnation in the floodplain area of the Great War Island.

MATERIALS AND METHODS

Research area

This research was conducted in the area of the Great War Island (GWI), which is located at the confluence of the Sava and Danube rivers and covers an area of 211.38 ha. The area has been declared a natural protected area since 2005, with three zones of different protection regimes. The landscape of exceptional features of the “Great War Island” belongs to sensitive wetlands (Maksimović, Šijačić-Nikolić, 2013; Maksimović *et al.*, 2014, 2016), with an insufficient degree of forest cover (Šijačić-Nikolić *et al.*, 2014).

One of the most important factors endangering the Great War Island is the change of water regime and large irregular changes in water levels, which cause changes in vegetation (Antonijević, Kecman, 2021). High water levels, which occur periodically, can lead to degradation of existing vegetation or settlement of new species (Jarić *et al.*, 2020), such as, for example, the emergence of allochthonous plant species, of which there are 34

in this area, according to recent research (Jarić *et al.*, 2020). In 2019, when this research was conducted, the period of flooding on the Great War Island lasted from May 13 to June 26. In this period, the water level ranged from 425 cm (May 13) to 383 cm (June 28), with the highest value of 603 cm in early June (June 8). Water stagnation in the investigated area lasted 45 days.

Research object

The population of black poplar on the Great War Island appears in white and black poplar forests (*Populetim albo-nigrae* Slav. 52) on a mosaic of different alluvial soils, representing the last stage of development of softwood deciduous forests (Posebna osnova gazdovanja šumama za GJ “Veliko ratno ostrvo” 2018-2027). Floodplain forests of willow and poplar are dynamic ecosystems, the development of which requires a variable water level, that is, a flooding regime. A very small number of floodplain forests are currently preserved in Europe, and about 90% of natural floodplain forests have completely disappeared,



Figure 1. The first black poplar gene bank on the Great War Island (2018)



Figure 2. Clone test of black poplar in the nursery of the Faculty of Forestry (summer 2018)

while the European directive characterizes the remains of these forests as “priority forest habitats”, or the most endangered natural ecosystems (Antonijević, Kecman, 2021).

The importance of the black poplar gene pool on the Great War Island is in the fact that this species is an edificant in this area. Its original population was reduced to 907 trees, and occurs in smaller or larger groups of discontinuous character, without natural regeneration (Maksimović et al., 2014a; Maksimović, 2015; Maksimović, Šijačić-Nikolić, 2016).

Continuous research of the black poplar gene pool on the Great War Island resulted in the establishment of pilot field trials, of which the first field gene bank was established in 2015 (Maksimović, 2015). The first black poplar gene bank (Figure 1) served as a source of reproductive material (cuttings) of selected clones originating

from nine mother black poplar trees selected on the Great War Island.

The collection of twigs and the formation of cuttings was done at the beginning of March 2017. The cuttings were stored in the refrigerator from the moment of formation until the establishment of the clone test in the nursery of the Faculty of Forestry, University of Belgrade. Seedlings (Figures 2 and 3) were grown in the nursery test during two vegetation periods.

The establishment of the second black poplar field gene bank (Figure 4), was carried out in autumn 2018, by planting two-year-old seedlings according to a defined scheme. This second black poplar field gene bank also represents the object of the conducted research presented in this paper. Seedlings from the second gene bank were used for testing the survival of various black poplar clones during the year which was characterized by high floodwater levels.



Figure 3. Two-year-old black poplar seedlings within the clone test before planting on the Great War Island (autumn 2018)



Figure 4. The second black poplar field gene bank on the Great War Island (autumn 2018)

Estimation of the variability of nine black poplar clones

The variability of the nine black poplar clones was determined based on the survival rate of seedlings and measurements of their height and diameter. The survival rate of seedlings was determined three times: for the first time in spring 2019 (April 18, 2019) after planting; the second time during the summer of 2019 (July 18, 2019), after the flood period, when the seedlings were under stagnant water for 45 days (Figure 5), while the third seedling survival rate was determined on October 4, 2019. The survival rate of seedlings was obtained based on the number of planted and the number of survived seedlings in April, July and October 2019.

Measurement of seedling height and diameter was done on all seedlings at the same time when the survival rate of seedlings was determined. The height was measured from the ground level to the terminal bud, using the measuring ruler with an accuracy of 1 cm. The diameter was measured on the ground level, using a digital caliper with an accuracy of 0.01 mm.

Statistical processing of collected data

Data collected during this research were processed using the software *Statgraphics Centurion XVI Version 16.1.11*. The paper presents the results of descriptive statistics - minimum and maximum values, mean, standard deviation, coefficient of variation (standard statistical parameters), one-way analysis of variance (One-Way ANOVA), and cluster analysis - using Single Linkage, Euclidean distances.

RESEARCH RESULTS WITH DISCUSSION

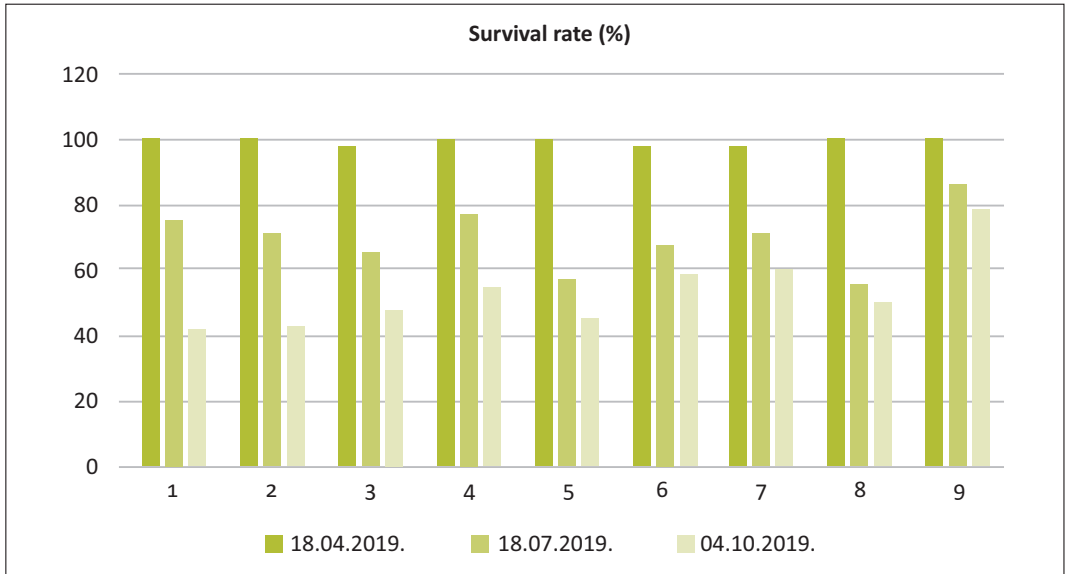
The results of the research were presented for seedling survival, seedling height, and diameter, in April, July, and October 2019.

Survival of black poplar seedlings in the first year after planting on GWI

The survival rate of seedlings in the first year after planting on the Great War Island is shown in



Figure 5. Black poplar seedlings in the second field gene bank during the flood period (summer 2019)



Graph 1. Survival of black poplar seedlings in the first year after planting on GWI

Graph 1. The survival rate in April 2019 was very high for all nine clones (97.70-100%). After the flooding period and the stagnation of water for 45 days, the number of surviving seedlings was lower in July, but more than 50% of all clones were recorded, with the highest survival rate recorded in clone number 9 (85.70%), and the smallest in clone 8 (55.00%).

After the last recording, which was done at the end of the vegetation period (October 4, 2019), all clones had a survival rate of more than 40%, with the highest value recorded in clone number 9 (78.60%), and the lowest in clone number 1 (41.70%). This result indicates the potential of black poplar to tolerate the presence of stagnant water for up to 60 days, which is in line with the bioecological characteristics of the species (Herpka, 1963).

Variability of black poplar seedlings height in the first year after planting on GWI

The results of descriptive statistics for the heights of black poplar seedlings in the first year

after planting on GWI are presented at the level of clones in Table 1. In April, clone number 3 had the highest mean value (207.11 cm), and the lowest had clone number 1 (125.83 cm). After measurements in July, clone 3 (224.68 cm) also had the highest mean value, and clone 1 (150.56 cm) had the lowest. At the end of the vegetation period, in October, clone number 3 had the highest (234, 53 cm), and clone number 5 had the lowest mean value (162.79 cm).

The results of One-Way ANOVA for heights of black poplar seedlings, recorded during three measurements in 2019, are presented in Table 2. Statistically significant differences exist between heights of black poplar seedlings, based on all three measurements, which can be seen from the *P* - value, which is less than 0.05.

Variability of black poplar seedling diameters in the first year after planting on GWI

The results of descriptive statistics for the diameter of black poplar seedlings in the first year after planting on the Great War Island are presented in Table 3.

Table 1. Results of descriptive statistics for heights of black poplar seedlings (cm)

Clone	Number of seedlings	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation	Coeff. of variation
18-04-2019						
1	12	74.00	172.00	125.83	34.53	27.44%
2	38	64.00	274.00	166.05	61.60	37.10%
3	42	69.00	307.00	207.11	52.64	25.42%
4	48	81.00	317.00	202.56	54.36	26.83%
5	42	35.00	267.00	150.31	56.95	37.89%
6	51	86.00	290.00	163.78	48.75	29.77%
7	38	90.00	242.50	179.92	41.60	23.12%
8	20	96.00	228.50	154.38	38.88	25.18%
9	14	112.30	240.50	150.26	37.30	24.82%
18-07-2019						
1	9	103.00	202.00	150.56	33.00	21.92%
2	27	100.00	290.00	184.07	57.91	31.46%
3	28	140.00	320.00	224.68	49.78	22.16%
4	37	81.00	332.00	205.87	49.73	24.16%
5	24	80.00	235.00	168.04	41.53	24.72%
6	35	100.00	285.00	175.11	49.25	28.13%
7	37	90.00	300.00	189.22	45.36	23.97%
8	11	113.00	250.00	173.55	49.38	28.46%
9	12	114.40	285.00	162.50	52.62	32.38%
04-10-2019						
1	5	138.00	202.00	168.80	138.00	15.62%
2	16	102.00	290.00	200.44	102.00	28.47%
3	19	100.00	328.00	234.53	100.00	22.51%
4	26	112.00	300.00	205.54	112.00	21.52%
5	19	72.00	235.00	162.79	72.00	29.58%
6	30	106.00	285.00	180.50	106.00	28.53%
7	23	80.00	300.00	200.48	80.00	24.90%
8	10	114.00	255.00	181.00	114.00	30.68%
9	11	98.00	265.00	169.73	98.00	29.31%

Table 2. Results of one-way analysis of variance for heights of black poplar seedlings

Date of measurement	Between clones		
	Mean Square	F-ratio	P-value
18-04-2019	20149.70	7.76	0.00
18-07-2019	10998.70	4.61	0.00
04-10-2019	8920.93	3.55	0.00

Table 3. Results of descriptive statistics for black poplar seedlings diameters (mm)

Clone	Number of seedlings	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation	Coeff. of variation
18-04-2019						
1	12	6.99	13.85	10.56	2.45	23.24%
2	38	7.07	30.92	15.74	6.55	41.58%
3	42	10.49	37.00	20.75	6.55	31.58%
4	48	7.06	38.70	19.96	7.17	35.90%
5	42	6.26	26.92	15.56	5.60	36.01%
6	51	7.80	34.40	16.96	6.03	35.54%
7	38	7.00	28.00	16.92	4.89	28.90%
8	20	8.60	25.00	16.71	5.08	30.38%
9	14	9.90	23.80	14.55	4.36	29.96%
18-07-2019						
1	9	10.30	19.00	13.82	2.43	17.56%
2	27	9.93	33.56	17.95	6.78	37.80%
3	28	10.23	37.94	22.74	7.16	31.50%
4	37	7.31	38.70	19.96	6.66	33.35%
5	24	6.38	25.73	16.55	4.84	29.24%
6	35	11.28	35.83	18.41	5.41	29.37%
7	37	7.00	27.70	17.87	4.80	26.85%
8	11	10.42	26.80	17.38	5.58	32.09%
9	12	10.15	26.16	16.47	5.22	31.67%
04-10-2019						
1	5	11.08	19.60	14.97	3.18	21.22%
2	16	10.05	36.48	21.19	7.73	36.49%
3	19	14.59	37.20	24.31	6.71	27.59%
4	26	11.33	29.86	19.99	5.18	25.89%
5	19	10.00	25.73	18.32	4.85	26.45%
6	30	12.76	36.00	21.15	5.86	27.73%
7	23	14.78	30.32	21.72	4.73	21.78%
8	10	12.68	26.27	19.08	4.83	25.33%
9	11	11.60	27.19	19.05	5.22	27.42%

During the first measurement, the highest mean value of diameter was obtained for clone number 3 (20.75 mm), and the lowest for clone number 1 (10.56 mm) (Table 3), which were also distinguished as clones with the highest and lowest mean height (Table 1). During the second measurement, after the floods, the highest mean value of the diameter was also obtained for clone

number 3 (22.74 mm), and the lowest for clone number 1 (13.82 mm) (Table 3), which were singled out as clones with the largest and smallest height (Table 1). The highest mean value of diameter at the end of the vegetation period had clone number 3 (24.31 mm), and the smallest clone number 1 (14.97 mm). The mentioned clone number 3 was also a clone whose seedlings had the highest values of heights (Table 1).

Table 4. Results of one-way analysis of variance for black poplar seedlings diameters

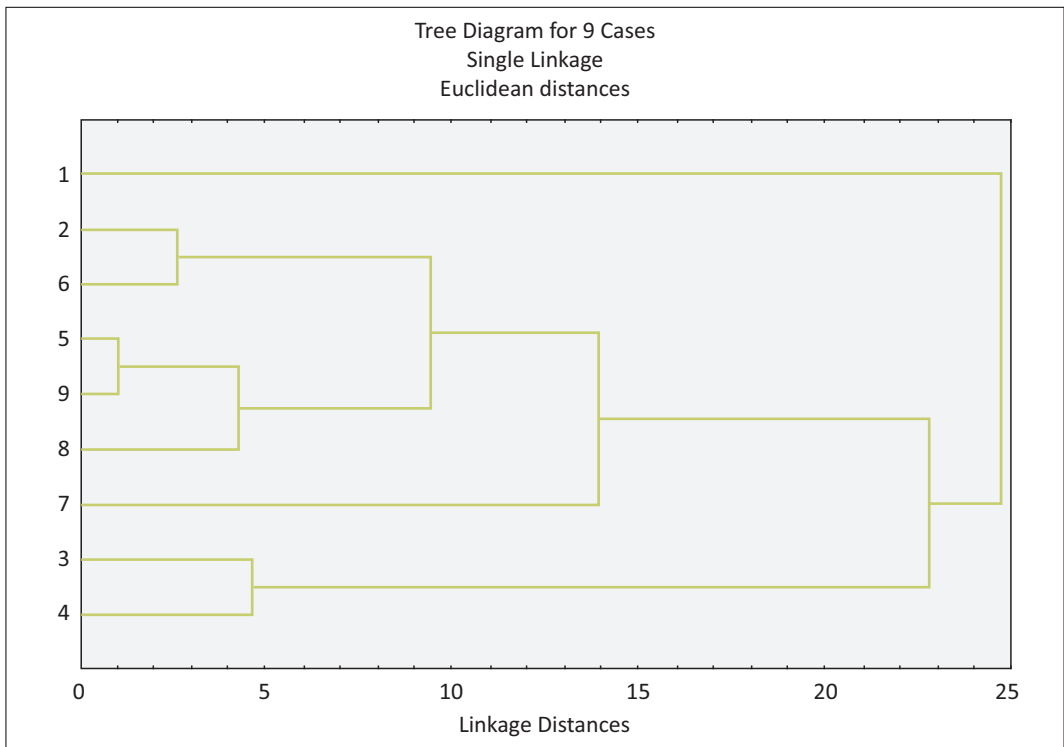
Date of measurement	Between clones		
	Mean Square	F-ratio	P-value
18-04-2019	215.89	6.06	0.00
18-07-2019	119.67	3.51	0.00
04-10-2019	77.61	2.42	0.02

The results of One-Way ANOVA for the black poplar seedlings diameters are presented in Table 4. Statistically significant differences exist between the diameters of seedlings, based on all three measurements, which can be seen from the *P*-value, which is less than 0.05.

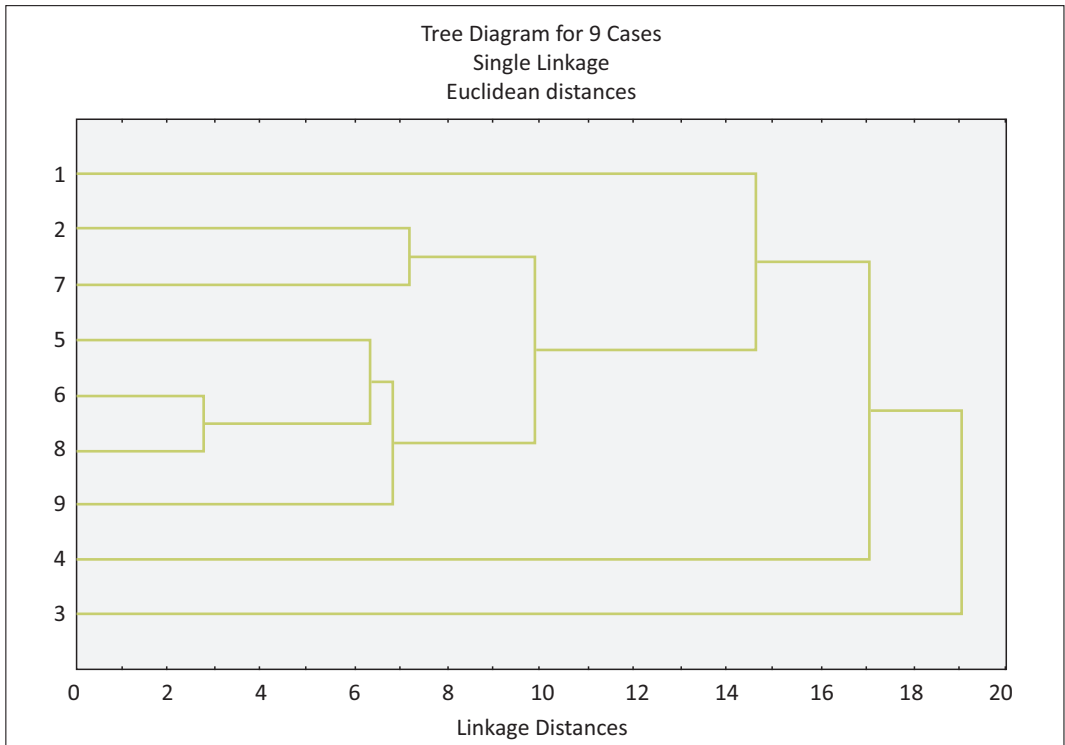
Dendrogram of cluster analysis based on the mean values obtained after measuring the heights and diameters in the spring of 2019 is shown in Graph 2. Clones 5, 9 and 8 form the first group, which is joined by clones 2, 6 and 7, while clones 3 and 4 form the second group (cluster). Clone

number 1, which had the smallest mean values of heights and diameters, is connected with all other clones at the greatest distance.

Dendrogram of cluster analysis based on the mean values obtained after measurements of heights and diameters in the summer of 2019, after the spring floods, is shown in Graph 3. Clones 6 and 8 form the first group, together with clones 5 and 9. The second group consists of clones 2 and 7. Clones 1, 3, and 4 were associated with other clones at the longest distance, as expected, given that they had the lowest and highest mean values



Graph 2. Dendrogram of cluster analysis based on heights and diameters of seedlings of different clones of black poplar (spring 2019)



Graph 3. Dendrogram of cluster analysis made based on height and diameter of seedlings of different clones of black poplar (summer 2019)

for seedling heights and diameters, during measurements conducted in spring and summer 2019.

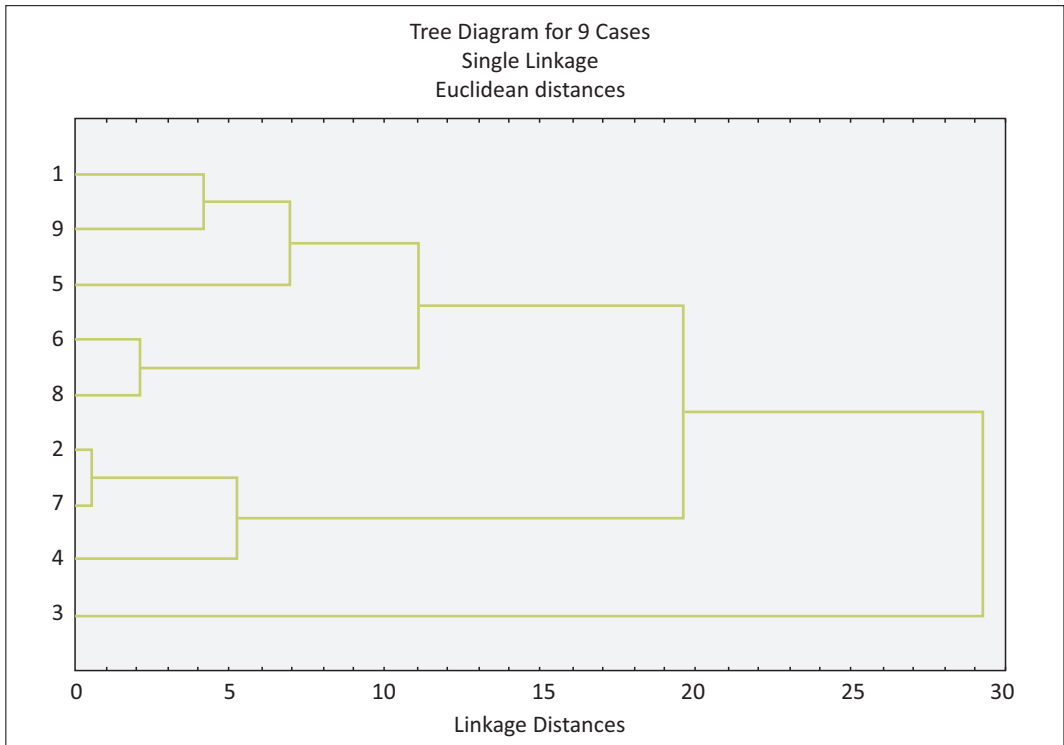
Dendrogram of cluster analysis based on the mean values obtained after measuring the height and diameter of seedlings in autumn 2019, is shown in Graph 4. Clones 2 and 7, together with clone 4 form the first group, while clones 6 and 8, together with clones 1, 9, and 5 form the second group. Clone 3 is connected to all other clones at the longest distance, which is expected, given that it had the highest mean value for height and diameter based on measurements conducted in autumn of 2019.

The results of the conducted research, which refer to the survival of seedlings in the first year after planting on the Great War Island, are partially comparable with the results obtained by Maksimović (2015), because of the locality and clones, which were the same, but weather conditions were different. Weather conditions during 2015, when Maksimović's research was conduct-

ed, were characterized by long dry periods during the vegetation, in contrast to 2019, when there was significantly more precipitation, with flooding and water stagnation in the area of the Great War Island, which lasted 45 days during the growing season.

Based on the research conducted by Maksimović (2015), the survival rate of two-year seedlings in the first gene bank on the Great War Island ranged from 72.0% to 96.0%. Although the average value, at the level of all clones, was higher than the results presented in this paper, the greatest survival success was found in the same clone as was the case in this study, conducted in the second field gene bank.

Wintenberger et al. (2019) conducted research in France in 2014 (along the Loire River, Saint-Mesmin Nature Reserve), to estimate the survival rate of black poplar seedlings after floods and periods of low water flow, between April and October 2014. During the first year, 92.3% of seed-



Graph 4. Dendrogram of cluster analysis made based on heights and diameters of seedlings of different clones of black poplar (autumn 2019)

lings did not survive due to flood-related stress, with the authors stating that such a high mortality rate is common for young seedlings on the coast.

Siebel and Blom (1998) experimentally examined the tolerance of complete flooding of seedlings in relation to seedling age and time of year in five tree species. Seedlings of species characteristic for lower areas, such as *Alnus glutinosa* and *Populus nigra*, increased their tolerance to total flooding more with age and had a higher tolerance in the second or third year, than species from higher localities, e.g. *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, and *Ulmus minor*. The degree of tolerance was lower in summer than in spring.

To determine the resistance of seedlings of different tree species to flooding and some of the basic adaptive mechanisms, Siebel et al. (1998) examined the morphological response, damage, and survival of seedlings in relation to flooding depth and light availability. Based on the experiment, which they conducted with two-year-old

black poplar seedlings, produced from seeds, they concluded that they have a high tolerance of partial immersion, but a small morphological response. On the other hand, physiological responses or metabolic adaptation, such as anaerobic metabolism and dormancy, have contributed more to the survival of these seedlings. The data obtained by this research showed that after the flood period, which lasted 45 days, more than 50% of the seedlings of each clone survived. According to Kozłowski (1997): “*The impact of flooding on the plant during the vegetation period includes damage, inability to germinate seeds, vegetative and reproductive growth, changes in plant anatomy and accelerated aging and death. The reaction of a particular plant varies and depends on many factors including the plant species and genotype of that species, the age of the plant, the characteristics of the floodwater, as well as the time and duration of the flood*”.

CONCLUSIONS

European black poplar has become threatened by the widespread disappearance of riparian forests in Europe, and gene introgression through hybridization with related, non-indigenous poplar taxa may additionally reduce the population size and genetic diversity of native black poplar (Debeljak *et al.*, 2015). *Populus nigra* L. is very often replaced in Serbia by the species *Populus x euramericana* Guinier and some fast-growing hybrids, which reduce the gene pool and the distribution of black poplar forests in natural habitats. The presence of black poplar on the Great War Island could be of great importance for the conservation of sensitive ecosystems, such as hydrophilic forests.

For the purpose of conservation and sustainable use of black poplar, it is recommended to use the local gene pool in the purposeful production of planting material of this species, especially in protected areas.

According to the presented results, the highest survival rate after the flooding period was recorded in clone number 9 (85.70%), in which 78.60% of seedlings survived at the end of the vegetation period. It can be stated that the seedlings of black poplar clone number 9, based on a high survival rate, have the potential to be used for afforestation of floodplains, such as the Great War Island.

However, the seedlings of this clone showed significantly lower values of measured heights and diameters, compared to the seedlings of most other clones and mostly the seedlings were damaged.

On the other hand, seedlings of clone 3 were superior based on mean values of heights and diameters, obtained after measurements in all three periods, including the period after flooding. Seedlings of this clone had a satisfactory survival rate, but it was constantly decreasing (from 97.70% of surviving seedlings in the spring, the value decreased to 65.10%, after the flooding period, to 47.50% at the end of the vegetation period). Clone number 1 showed the lowest results, both in terms of survival at the end of the vegetation period and in terms of mean heights and diameters of seedlings.

The obtained results confirm the importance of black poplar in floodplains concerning the abil-

ity to tolerate long duration of water stagnation (survival rate after flooding ranged between 55% and 85.70% after the second evidention of survived seedlings, and after the third evidention the survival rate for all clones was over 40%). The initiated research should be continued with the aim of selecting superior clones.

Acknowledgment: The conducted research was funded by the project "Production of improved reproductive material of black poplar on the Great War Island", which was funded by JKP "Zelenilo-Beograd" and the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, Grant No. 451-03-9 / 2021-14 / 200169. Part of the presented results was obtained from research conducted for Filip Maksimović's bachelor thesis, entitled "Gen-ecological potential of different black poplar (*Populus nigra* L.) clones in the first year after planting on the Great War Island", defended at the University of Belgrade - Faculty of Forestry.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Antonijević S., Kecman M. (2021): Plan upravljanja zaštićenim područjem „Veliko ratno ostrvo“, 2021-2030, JKP „Zelenilo Beograd“, Beograd
- Bajc M., Aravanopoulos F., Westergren M., Fussi B., Kavaliauskas D., Alizoti P., Kiourtsis F., Kraigher H. (2020): Guidelines for genetic monitoring of European black poplar (*Populus nigra* L.), Slovenian Forestry Institute, Silva Slovenica Publishing Centre, Ljubljana
- Debeljak M., Ficko A., Brus R. (2015): The use of habitat and dispersal models in protecting European black poplar (*Populus nigra* L.) from genetic introgression in Slovenia. *Biol. Conser.* 184 (310-319)
- Herpka I. (1963): Postanak i razvoj prirodnih vrba u Podunavlju i donjoj Posavini. *Topola* 36/37 (18-27)
- Isajev V., Šijačić-Nikolić M. (2003): Conservation of conifer tree species in Serbia. International Conference: The Question of Conversion of Coniferous Forest, Freiburg im Breisgau: 56
- Jarić S., Mataruga Z., Sekulić D., Pavlović M., Pavlović D., Mitrović M., Pavlović P. (2020): Alohtone

- biljne vrste u vegetaciji Velikog ratnog ostrva, *Acta Herbológica*, 2020, 29(2) (111-127)
- Kozłowski T.T. (1982): Water supply and tree growth. Part II. Flooding. *For. Abstr.* 43 (145-161)
- Kozłowski T.T. (1984a): Extent, causes and impacts of flooding. In *Flooding and Plant Growth*. Ed. Kozłowski T. T. Academic Press, Orlando, FL(1-7)
- Kozłowski T.T. (1984b): Responses of woody plants to flooding. In *Flooding and Plant Growth*. Ed. Kozłowski T. T. Academic Press, Orlando, FL (129-163)
- Kozłowski T.T. (1985): Tree growth in response to environmental stresses. *J. Arboric.* 11(97-111)
- Kozłowski T.T. (1997): Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph No. 1* © 1997 Heron Publishing Victoria, Canada (1-29)
- Kozłowski T.T., Pallardy S.G. (1997): Growth control in woody plants. Academic Press, San Diego(1-640)
- Maksimović Z. (2015): Konzervacija genofonda crne topole (*Populus nigra* L.) na području Velikog ratnog ostrva. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet
- Maksimović Z., Šijačić-Nikolić M. (2013): Morfometrijske karakteristike listova crne topole (*Populus nigra* L.) na području Velikog ratnog ostrva. *Glasnik Šumarskog fakulteta* 108 (93-108)
- Maksimović Z., Čortan D., Ivetić V., Mladenović-Drinić S., Šijačić-Nikolić M. (2014): Genetic structure of black poplar (*Populus nigra* L.) population in the area of Great War Island. *Genetika* 46(3), str. 963-973, Belgrade
- Maksimović Z., Čortan D., Šijačić-Nikolić M. (2014a): Assessment of the condition of the Black poplar (*Populus nigra* L.) population on the Great War Island as a basis for conservation and directed utilization of the available gene pool, V Congress of the Serbian Genetic Society, Kladovo, September 28th – October 2nd, Book of Abstracts: 308
- Maksimović Z., Šijačić-Nikolić M. (2016): *In situ* conservation of black poplar (*Populus nigra* L.) gene pool in the protected area "Great War Island". *REFORESTA* 2 (39-49)
- Maksimović Z., Šijačić-Nikolić M., Medarević M., Vasić V. (2016): Stanje populacije crne topole (*Populus nigra* L.) na području Velikog ratnog ostrva kao osnova za konzervaciju i usmereno korišćenje genofonda. *Šumarstvo* 1-2 (121-136)
- Mataruga M., Isajev V., Orlović S., Đurić G., Brujić J., Daničić V., Cvjetković B., Čopić M., Balotić P. (2013): Program of conservation of forest genetic resources of Republic of Srpska 2013-2025. Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management of Republic of Srpska, Banja Luka (1-118)
- Milovanović J., Šijačić-Nikolić M. (2006): MPBS a method to conserve forest species genetic diversity. International Scientific Conference in the occasion of 60 years of operation of Institute of Forestry, Belgrade, Serbia: Sustainable use of Forest Ecosystems - the Challenge of the 21st Century, 8-10 November, Donji Milanovac, Serbia. Book of abstracts: 128
- Milovanović J., Šijačić-Nikolić M. (2008): Forest tree species natural genetic diversity assesment as a tool for conservation and sustainable use. III International Symposium of Ecological of the Republic of Montenegro, Bijela-Herceg Novi, 08-12.10. Book of abstracts: 81
- Nonić M., Šijačić-Nikolić M. (2021): Šumarska genetika. Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet (1-298)
- Orlović S., Ivanković M., Andonoski V., Stojnić S., Isajev V. (2014): Forest genetic resources to support global bioeconomy. *Annals of Silvicultural Research* 38(2) (51-60)
- Posebna osnova gazdovanja šumama za GJ „Veliko ratno ostrvo“ (2018-2027), Beograd, 2018
- Pucciariello C., Voeseenek L. A., Perata P., Sasidharan R. (2014): Plant responses to flooding. *Front Plant Sci.* 2014; 5: 226
- REFORGEN (2003): FAO World-wide information system on forest genetic resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy
- Siebel H. N., Blom C. W. P. M. (1998): Effects of irregular flooding on the establishment of tree species. *Acta botanica neerlandica*, 47(2) (231-240)
- Siebel H. N., van Wijk M., Blom C. W. P. M. (1998): Can tree seedlings survive increased flood levels of rivers? *Acta botanica neerlandica*, 47(2) (219-230)

- Šijačić-Nikolić M., Milovanović J. (2007): Konzervacija i usmereno korišćenje šumskih genetičkih resursa. Glasnik Šumarskog fakulteta 95 (7-21)
- Šijačić-Nikolić M., Milovanović J., Nonić M., Maksimović Z., Čortan D. (2014): Konzervacioni status bele (*Populus alba* L.) i crne topole (*Populus nigra* L.) na području Velikog ratnog ostrva. Glasnik Šumarskog fakulteta 109 (169-180)
- Vanden Broeck A. (2003): EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European black poplar (*Populus nigra*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy (1-6)
- Wainwright S. J. (1980): Plants in relation to salinity. Adv. Bot. Res. 8 (221-261)
- Wintenberger C. L., Rodrigues S., Greulich S., Bréhéret J. G., Jugé P., Tal M., Dubois A., Villar M. (2019): Control of Non-migrating Bar Morphodynamics on Survival of *Populus nigra* Seedlings during Floods. Wetlands 39 (275-290)

